

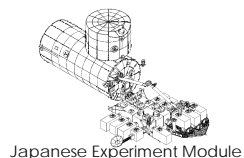
国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」(JEM) 実験装置に関する安全検証結果について (温度勾配炉ラック, 多目的実験ラック)

平成22年12月20日 改訂

平成22年12月3日

宇宙航空研究開発機構

JEM : Japanese Experiment Module (「きぼう」はJEMの愛称)



目次

| | |
|-----------------------|----|
| 1. はじめに | 2 |
| 2. 経緯 | 3 |
| 3. 宇宙開発委員会における安全審議状況 | 4 |
| 4. 安全審査体制 | 5 |
| 5. 安全解析の方法 | 6 |
| 6. JAXA及びNASAにおける審査経緯 | 8 |
| 7. ハザード制御の有効性の確認 | 9 |
| 8. 安全設計・検証結果 | 11 |
| 9. 運用への準備等 | 27 |
| 10. 結論 | 29 |

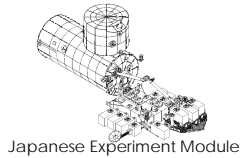
付表-1 基本指針に対する全体検証結果

付表-2 温度勾配炉ラックに搭載される実験試料カートリッジが検証する安全制御

付表-3 多目的実験ラックに搭載されるユーザー機器が検証する安全制御

付図-1 温度勾配炉ラック ハザードFTA

付図-2 多目的実験ラック ハザードFTA

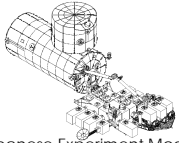


Japanese Experiment Module

1. はじめに

国際宇宙ステーション (ISS) の日本実験棟「きぼう」(JEM) に搭載される日本の実験ペイロードである温度勾配炉ラック及び多目的実験ラックの安全検証が終了したので報告する。

ISS : International Space Station
JEM : Japanese Experiment Module



Japanese Experiment Module

2. 経緯

- 宇宙開発委員会の安全評価部会は、平成8年4月に「宇宙ステーション取付型実験モジュール(JEM)に係る安全評価のための基本指針」(以下「基本指針」という。)を取りまとめ、宇宙開発委員会に了承された。
- 基本指針に基づき、宇宙開発事業団(NASDA 当時)はJEMの安全設計について報告し、平成11年7月の安全評価部会で審議、了承された。その結果は「国際宇宙ステーションの日本の実験棟(JEM)の安全設計について(報告)」(以下「JEM安全設計(報告)」という)として取りまとめられ、宇宙開発委員会に報告・了承された。
- NASDA(当時)は、JEM安全設計(報告)のとおりJEM主要構成要素(ICS及びBDSを除く)の検証が終了したことを受け、平成14年12月に「国際宇宙ステーションの日本の実験棟の安全対策(報告)」(以下「JEM安全対策(報告)」という)として安全部会に報告し、この結果を安全部会は、宇宙開発委員会に報告した。
- NASDA(当時)は、実験装置である、流体実験(RYUTAI)ラック、細胞実験(SAIBO)ラック、SEDA-AP及び温度勾配炉ラックの安全設計について、JEM基本指針に基づき、それぞれ平成13年12月、平成15年7月に安全部会に報告した。
- JEM安全対策(報告)時に製造が未完了であった、ICS、BDS、PROX、SAIBOラック及びRYUTAIラックについて平成19年1月に、MAXI、SEDA-APについては平成20年9月に、SMILESについては平成21年5月に、それぞれ安全検証結果を安全部会に報告した。
- 今般、温度勾配炉ラック、多目的実験ラックの安全検証結果について報告する。

NASDA: National Space Development Agency of Japan

ICS: Inter-orbit Communication System

BDS: Backup Drive System

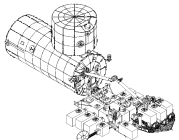
PROX: HTV Proximity Communication System

MAXI: Monitor of All-sky X-ray Image

SEDA-AP: Space Environment Data Acquisition equipment – Attached Payload

SMILES : Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder

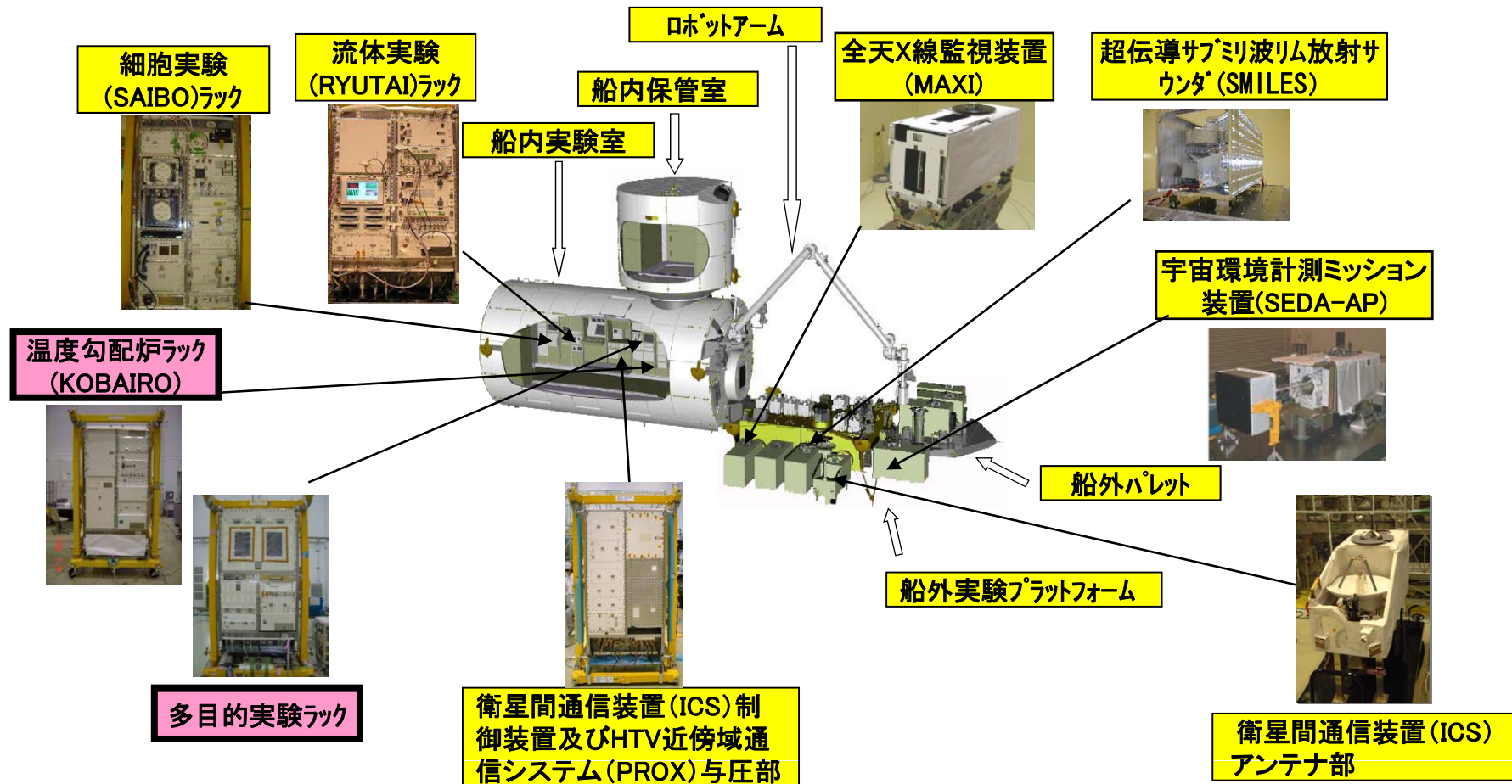
HTV: H-II Transfer Vehicle



Japanese Experiment Module

3. 宇宙開発委員会における安全審議状況

今回の報告対象は、下記の太枠で示した要素である。JEMシステム(船内実験室、船内保管室、ロボットアーム、船外パレット、船外実験プラットフォーム)及びJEM第1次利用の実験装置のうち流体実験ラック、細胞実験ラック、MAXI、SEDA-AP、SMILESについては安全検証結果を報告した承されている。

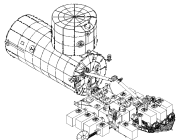


今回の報告対象



安全検証結果の報告が完了している部位





Japanese Experiment Module

4. 安全審査体制

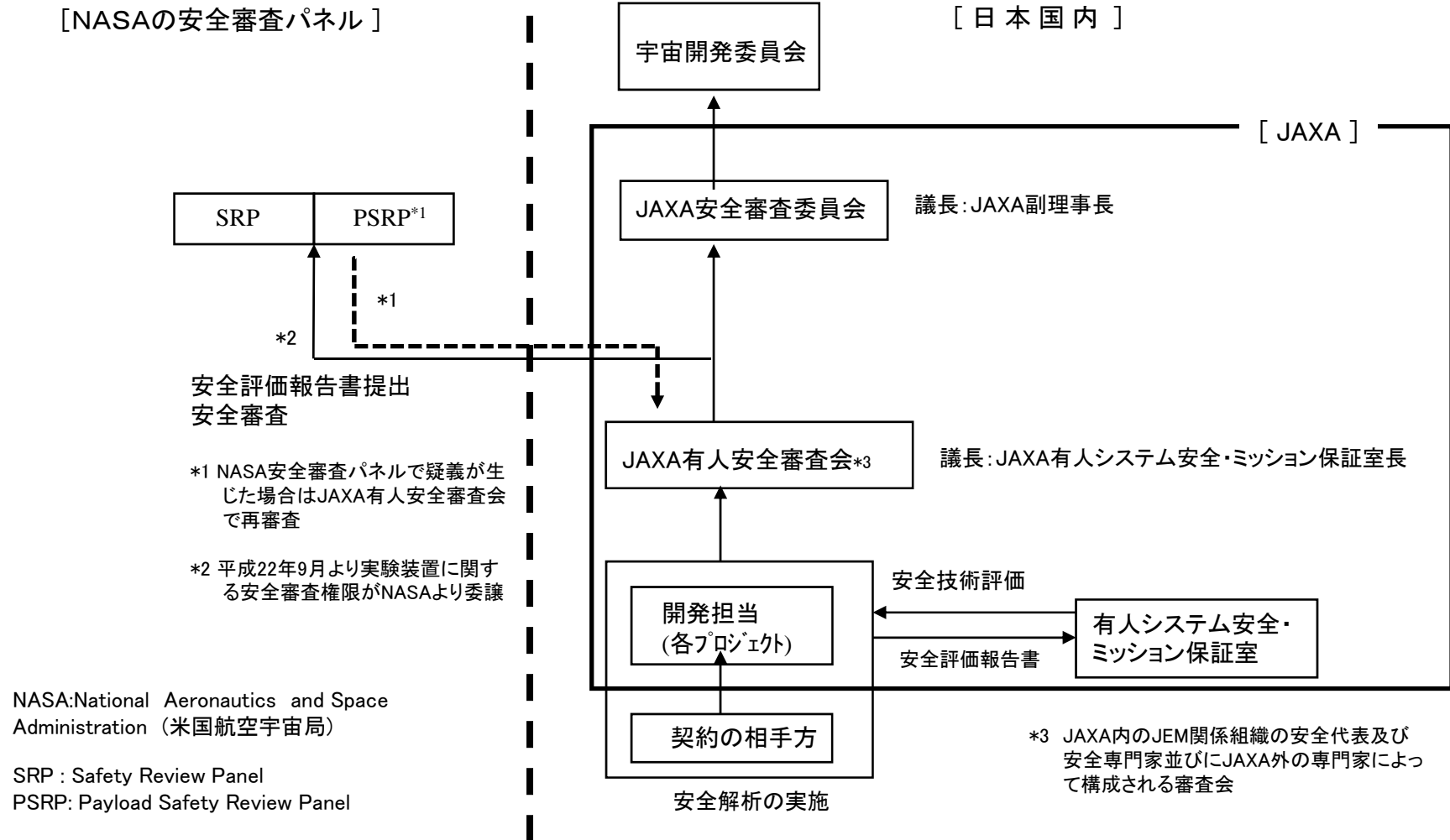
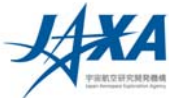


図4-1 NASA及び日本国内における安全審査体制



5. 安全解析の方法 (1/2)

- 安全解析は、直接あるいは間接的に搭乗員に被害を与えるハザードを考慮し、対策をとることで、搭乗員の死傷を未然に防止する安全設計及び安全対策の前提となるプロセスである。
- 安全解析では、FTA (Fault Tree Analysis:故障の木解析)、FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)、2FTマトリクス及びISS標準ハザードレポート等を用いてハザードを網羅的に識別し、それらの原因を抽出して、それぞれに制御方法を設定し、制御方法の妥当性を検証する。

- ハザードとは、事故をもたらす要因が顕在又は潜在する状態をいう。
- ハザードの被害の度合いは、以下のようなカテゴリーに分類している。

【被害の度合い】

I カタストロフィック

能力の喪失に至る傷害又は致命的な人員の喪失となり得る状態

II クリティカル

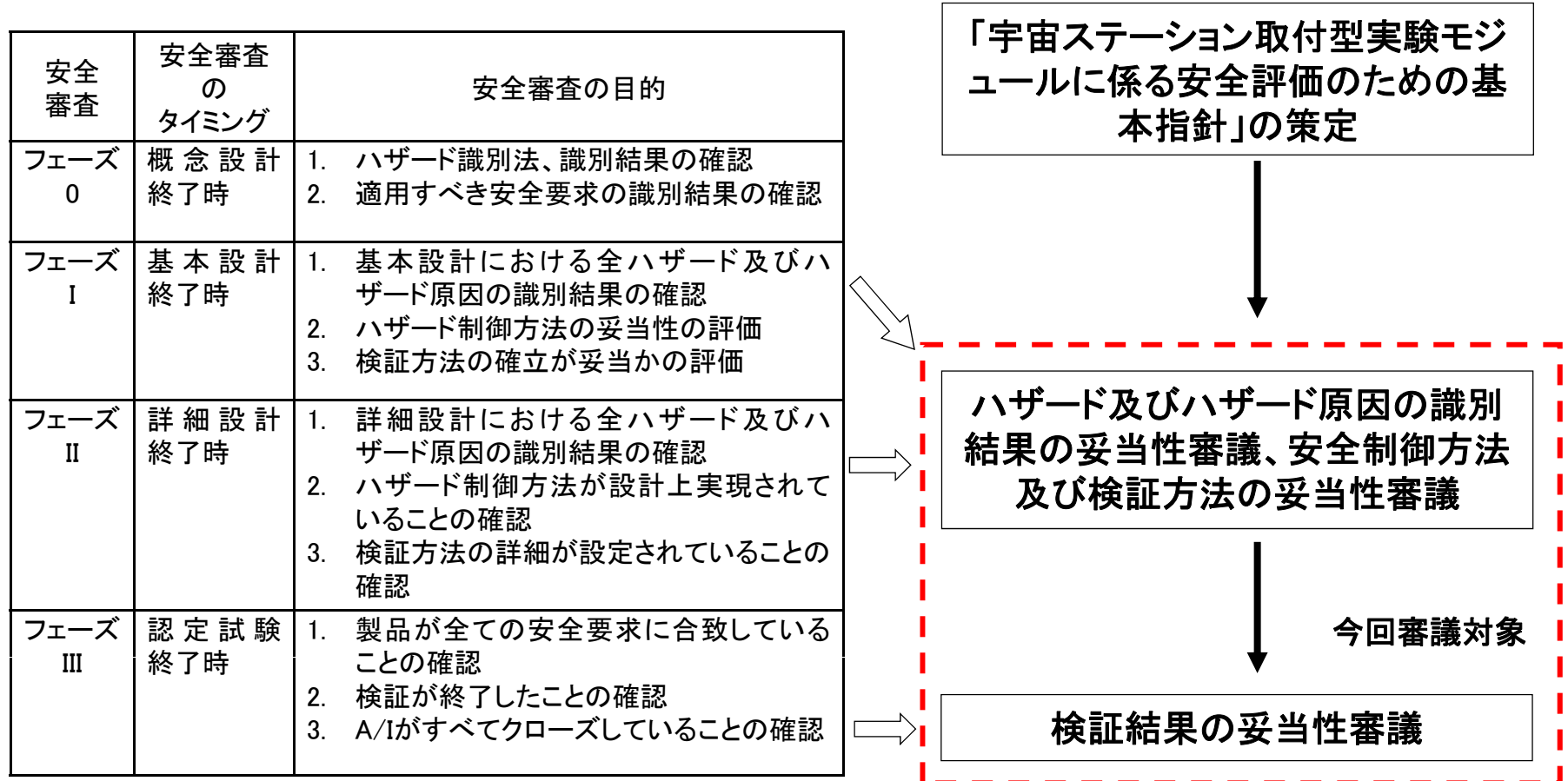
重度な人員の傷害・疾病をもたらす状態

III マージナル

軽度な人員の傷害・疾病をもたらす状態

5. 安全解析の方法 (2/2)

JAXAはハザードを網羅的に識別し、その制御方法を設定し、判断の妥当性を検証する一連の作業を行っている。



[JAXA及びNASA]

[宇宙開発委員会]

6. JAXA及びNASAにおける審査経緯

温度勾配炉ラック、多目的実験ラックについては、平成22年11月までにJAXA有人安全審査会、NASA安全審査パネル、JAXA安全審査委員会を終了した。

表6-1 JAXA有人安全審査会及びNASA安全審査パネル実績

| 装置 | フェーズ0/I | | フェーズII | | | フェーズIII | | |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---|----------------------|----------|
| | JAXA審査 | NASA審査 | JAXA審査 | NASA審査 | 安全審査委員会 | JAXA審査 | NASA審査 | 安全審査委員会 |
| 温度勾配炉ラック | - | 平成9年8月 | 平成14年6月 | 平成14年8月 | 平成15年6月 | 平成16年8月 平成22年8月*1 平成22年11月*2 | 平成16年9月 平成22年9月*1 | 平成22年11月 |
| 多目的実験ラック | 平成21年1月 | 平成21年6月 | 平成22年2月 | 平成22年6月 | 平成22年8月 | 平成22年9月 (JAXA/NASA共同 安全審査を実施) 平成22年11月*3 | 平成22年9月 | 平成22年11月 |

*1: 平成16年9月にスペースシャトルにて打ち上げることを前提にフェーズIII審査を完了。その後打ち上げ機がHTV2号機に変更となり、長期保管状態となったため再整備を行い、その結果を確認するため平成22年9月に追加審査を実施した。

*2: 初期メンテナンスに関するハザードレポートが追加となったため再審査を行った。(フランチャイズ化によりNASA審査は実施しない。)

*3: 9月の審査で 検証が未完であった機器に関する追加審査を行った。(フランチャイズ化によりNASA審査は実施しない。)

7. ハザード制御の有効性の確認

- (1) 開発メーカ、JEM運用プロジェクトチーム、宇宙環境利用センター、有人システム安全・ミッション保証室及び有人安全審査会が、それぞれの立場からハザード制御の妥当性及びそれらの検証を実施し、評価を行った。
 - ① 開発メーカ及び開発担当プロジェクトは、設計、製造を行う立場から安全検証を実施した。
 - ② 運用に依存するハザード制御については、宇宙環境利用センターの運用担当部門が、運用制御合意文書により運用実現性に合意した。
 - ③ 有人システム安全・ミッション保証室は、解析結果等の評価、開発メーカの体制の監査・評価、運用制御合意文書*1等の安全検証データを評価した。
 - ④ JAXA有人安全審査会は、①～③の内容を個々に審査した。
- (2) NASAは、ISS全体の安全責任を担うため、設計及び検証結果を審査した*2。
- (3) その後、JAXA安全審査委員会でJAXAとして包括的に安全を審査した。
- (4) なお、温度勾配炉ラック、多目的実験ラックに搭載される実験供試体(実験試料カートリッジ、ユーザー機器)、補用品*3及び実験運用に必要な付属品*4の安全性については、以下のとおり確保される。
 - ラックから実験供試体に要求される安全制御に関するインタフェース検証項目はインタフェース管理仕様書に定義され(付表-2, 付表-3参照)、可燃性材料の使用、鋭利な端部の確認等、ラックとのインタフェースに関わりなくISS共通的に要求される安全検証項目と合わせて、JAXAにより確認される。

*1運用制御合意文書:運用制御内容を装置開発担当部門から手順書を作成する運用部門に申し送るための文書

*2 平成22年9月より実験装置に係る安全審査権限がNASAより委譲された。

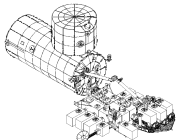
*3 補用品とは実験ラックの部品故障時に交換される交換部品を指す。

*4 付属品とは実験の実施にあたって必要な消耗品類(グローブ、テープ等)を指す。

8. 安全設計・検証結果

8.1 基本指針に対するハザードの分類

- (1) 温度勾配炉ラック及び多目的実験ラックによって起こりうるハザードをJEM全体システムのFTAを基に抽出し、個々のハザードに対して、原因の抽出、制御方法の設定と検証を行った。JAXA/NASAの安全審査会により、ハザードの識別(フェーズⅠ)、制御及び検証方法の設定(フェーズⅡ)及び検証結果の確認(フェーズⅢ)を行った。温度勾配炉ラック及び多目的実験ラックのFTA概要をそれぞれ付図-1、付図-2に示す。
- (2) 上記で識別したハザードに対して、基本指針の項目への対応を行い制御方法により、以下の3つに分類した。分類結果を表8-1に示す。
 - a. 一般的事項に属する項目
 - 「きぼう」の安全を確保するための基本的な活動として温度勾配炉ラック及び多目的実験ラックにも適用される事項
 - ハザードには識別されず一般的な設計要求により検証した事項
 - b. JEMまたはISSの機能により制御される事項
 - c. 温度勾配炉ラック及び多目的実験ラックのハザード制御として対応した事項
 - 8.2項にISS共通的な制御方法により検証した事項を示す。
 - 8.3項に温度勾配炉ラックに特徴的な制御方法により検証した事項を示す。
 - 8.4項に多目的実験ラックに特徴的な制御方法により検証した事項を示す。
- (3) 基本指針に対する全体設計・検証結果を付表-1に示す。



8. 安全設計・検証結果

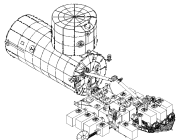
表8-1 基本指針に対するハザード制御方法の分類

| JEM基本指針 | 一般的事項 | JEM又はISS機能により制御する事項 | ISS共通の制御方法により検証した事項 | 温度勾配炉ラックに特徴的な制御方法により検証した事項 | 多目的実験ラックに特徴的な制御方法により検証した事項 | クルーへのハザード | ISS/HTVへのハザード |
|-----------------|-------|---------------------|--|----------------------------|--|-----------|---------------|
| 1. 目的及び位置づけ | — | — | — | — | — | — | — |
| 2. 適応範囲 | — | — | — | — | — | — | — |
| 3. 基本的考え方 | — | — | — | — | — | — | — |
| (1)安全確保の対象 | ○ | | | | | | |
| (2)安全確保の方法 | ○ | | | | | | |
| (3)有人活動の特殊性への配慮 | ○ | | | | | | |
| 4. 宇宙環境対策 | — | — | — | — | — | — | — |
| (1)自然環境からの保護 | — | — | — | — | — | — | — |
| ア 隕石・スペースデブリ | — | — | — | — | — | — | — |
| イ 宇宙放射線 | ○ | | | | | | |
| ウ 高真空/微小重力等 | ○ | | ○構造破壊(8.2項④) | | | ○ | ○ |
| (2)誘導環境からの保護 | — | — | — | — | — | — | — |
| ア 打ち上げ時の誘導環境 | | | ○構造破壊(8.2項④) | | | ○ | ○ |
| イ 軌道上誘導環境 | | | | | | | |
| (ア) 雰囲気酸素 | | ○ | | ○減圧による窒息(8.3項①) | ○減圧による窒息(8.4項①) | ○ | |
| (イ) 汚染 | | | ○環境空気汚染(8.2項①) | ○実験試料ガスの漏洩による空気汚染(8.3項②) | ○燃焼ガス漏洩による空気汚染(8.4項②) | ○ | |
| (ウ) 振動/音響/電磁波 | | | ○電磁干渉(8.2項②) | | | | ○ |
| (3)軌道上環境等の保全 | ○ | | | | | | |
| 5. 構造 | — | — | — | — | — | — | — |
| (1)設計 | | | ○構造破壊(8.2項④) ○圧力系の破裂(8.2項③) | ○炉体部/ガス配管の破裂(8.3項③) | ○燃焼実験チャンバー/ガス配管の破裂(8.4項③) | ○ | ○ |
| (2)剛性・強度 | | | ○構造破壊(8.2項④) | | | | ○ |
| (3)構成材料 | | | ○構造破壊(8.2項④) ○火災(8.2項⑤)(可燃性材料の使用) ○電力系の損傷(8.2項⑩)(不適切な電力ワイヤ選定による火災) | | ○燃焼実験チャンバー内の火災(8.4項④) ○高濃度酸素の漏洩による火災(8.4項⑤) | ○ | ○ |

8. 安全設計・検証結果

表8-1 基本指針に対するハザード制御方法の分類

| JEM基本指針 | 一般的事項 | JEM又はISS機能により制御する事項 | ISS共通の制御方法により検証した事項 | 温度勾配炉ラックに特徴的な制御方法により検証した事項 | 多目的実験ラックに特徴的な制御方法により検証した事項 | クルーへのハザード | ISS/HTVへのハザード |
|-------------|-------|---------------------|---|----------------------------|----------------------------|-----------|---------------|
| 6. 安全性・開発保証 | — | — | — | — | — | — | — |
| (1)安全性 | ○ | | | | | | |
| (2)信頼性 | | | ○電力系の損傷(8.2項⑩)(地絡による機器損傷) | | | | ○ |
| (3)保全性 | | | ○圧力系の破裂(8.2項③) | ○炉体部/ガス配管の破裂(8.3項③) | ○燃焼実験チャンバー/ガス配管の破裂(8.4項③) | ○ | ○ |
| | | | ○高温部/低温部への接触(8.2項⑨) | | | ○ | |
| | | | ○感電(コネクタ脱着)(8.2項⑪) | | | ○ | |
| (4)品質保証 | ○ | | | | | | |
| 7. 人間・機械系設計 | — | — | — | — | — | — | — |
| (1)搭乗員の保護 | | | ○回転機器の飛散(8.2項⑥) ○鋭利な端部への接触(8.2項⑦) ○ガラスの破損(8.2項⑧)(温度勾配炉のみ該当) ○高温部/低温部への接触(8.2項⑨) ○電力系の損傷(8.2項⑩)(地絡による感電) ○感電(コネクタ脱着)(8.2項⑪) | | | ○ | |
| (2)誤操作等の防止 | ○ | | | | | | |
| (3)共通化 | ○ | | | | | | |
| 8. 緊急対策 | — | — | — | — | — | — | — |
| (1)緊急警報 | | ○ | | | | | |
| (2)アクセス | ○ | | ○避難経路への障害(8.2項⑫) | | | ○ | |
| (3)減圧及び再加圧 | | ○ | | | | | |
| 9. 安全確保体制 | ○ | | | | | | |



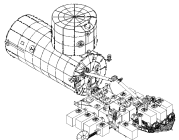
Japanese Experiment Module

8. 安全設計・検証結果

8.2 ISS共通的な制御方法により検証した事項

- ISS共通的な制御方法により対応した事項を以下に示す。いずれも検証作業が適切に行われたことを確認した。検証結果の概要を以下に示す。

| | ハザード内容及び被害の度合い | 想定されるハザードとその原因 | ハザード制御方法 | ハザード制御の有効性の検証方法及び検証結果 | 宇宙ステーション取付型実験モジュール(JEM)に係る安全評価のための基本指針関連項目 |
|---|-------------------------------|--|---|--|--|
| ① | 環境空気汚染 (クリティカルハザード) | <ul style="list-style-type: none"> 非金属材料からのオフガスにより船内空気が汚染され、搭乗員の健康を阻害する。 | 【リスク最小化設計】 <ul style="list-style-type: none"> 構造・内装・搭載機器等に使用される非金属材料は、オフガス発生量の少ない材料を選定した。 | <ul style="list-style-type: none"> 部品・機器・ラックレベルでオフガス試験を実施した。 | 4.(2)誘導環境からの保護 |
| ② | 電磁干渉による機器の誤作動 (クリティカルハザード) | <ul style="list-style-type: none"> ISS或いは他装置からの電磁波による電磁干渉により、実験装置の安全上の機器が誤動作する。 温度勾配炉ラック或いは多目的実験ラックから発せられる電磁波により、ISS或いは他装置の安全上重要な機器が誤動作する。 | 【リスク最小化設計】 <ul style="list-style-type: none"> ISS或いは他装置の放射・伝導電磁環境にマージンを加えた環境に対し、誤動作しないように設計する。 発生する放射・伝導による電磁波が、ISS或いは他装置が許容できる電磁環境レベルより十分に低くなる設計とする。 | <ul style="list-style-type: none"> 電磁干渉試験(放射・伝導雑音試験及び放射・伝導感受性試験)により、要求値内であることを確認した。 | 4.(2)誘導環境からの保護 |
| ③ | 圧力系の破裂(カタストロフィックハザード) | <p>ガス配管システムの破裂による破片が、きぼうに衝突することによる損傷や、搭乗員に衝突することにより、搭乗員の死傷に至る。</p> | 【リスク最小化設計(耐圧設計)/故障許容設計(圧カリリース機能)】 <ul style="list-style-type: none"> 温度勾配炉ラックの炉体部/配管部及び、多目的実験ラックの燃焼実験チャンバー/配管部の耐圧設計については最大設計圧力(MDP)にISS共通の安全率を設けて、必要十分な強度を持たせた設計とする。 温度勾配炉炉体部や多目的実験ラック燃焼実験チャンバーのMDPを超えないためにレギュレータ及びリリースバルブを設け、リークビフォアラプチャの設計としている(8.3項②、8.4項②参照) | <ul style="list-style-type: none"> 配管については、MDPの4倍の強度に、温度勾配炉炉体部、燃焼実験チャンバーについてはMDPの2.5倍の強度に耐えうることを強度解析により検証し、さらにMDPの1.5倍の圧力試験を実施し破裂がないことを確認した。 レギュレータ/バルブの機能試験を実施した。 | 5.(1)設計 6.(3)安全性 |



8. 安全設計・検証結果

8.2 ISS共通的な制御方法により検証した事項

ISS共通の制御方法により対応した項目 (つづき)

| | ハザード内容 及び被害の度合い | 想定されるハザードとその原因 | ハザード制御方法 | ハザード制御の有効性の 検証方法及び検証結果 | 宇宙ステーション 取付型実験モ ジュール(JEM)に 係る安全評価の ための基本指針 関連項目 |
|---|--|---|---|--|---|
| ④ | 打上げ、上昇、軌道上時の構造破壊、クルー操作時に発生させる荷重による装置の破損 (カタストロフィックハザード) | <ul style="list-style-type: none"> 打上げ荷重及び軌道上での準静的荷重による構体の破損や把持構造の損傷によりISSやH-IIB/HTV、「きぼう」を損傷し搭乗員に重大な影響を与える。 クルー操作時に発生する荷重により実験ラック、実験装置が破損する。 | <p>【リスク最小化設計】</p> <ul style="list-style-type: none"> 打上げ・軌道上等の定常運用における全ての荷重モードに対し十分な剛性・静強度・疲労強度を持つよう設計する。 運用中の最大荷重または装置とH-IIB/HTVとの共振を防止するため、規定の剛性・強度を持つよう設計する。 耐熱性・耐食性・耐応力腐食性・耐電食性等を考慮し、過去の実績のある構造材料を選定する。 クルー操作による荷重については、ISS要求に規定される荷重(クルーの手の操作によって生じる荷重(50lbf)、不意な蹴飛ばしによる荷重(125lbf))にも構造破壊が起こらないように設計する。注) 燃焼実験チャンパーのワークベンチへの取り出し時はテザー等で固定できる設計となっている。ワークボリュームへの挿入時は、運用手順に把持部を持ちながら作業することを手順書に規定している。 | <ul style="list-style-type: none"> 構造解析に使用した構造数学モデルは、試験を実施し、ハードウェアとの相関性を確認した。また構造部材は疲労解析を行い十分な疲労寿命を有することを確認した。 構造検証モデルを用いて、静荷重試験を実施した。 材料識別使用リスト(MIUL)により構造材料を評価した。 クルー荷重に対して、構造解析を実施し、安全余裕が正であることを確認した。 | 4.(1)自然環境からの保護 4.(2)誘導環境からの保護 5.(1)設計 5.(2)剛性及び強度 5.(3)構成材料 |
| ⑤ | 火災(可燃性材料の使用) (カタストロフィックハザード) | 非金属材料の燃焼により火災にいたり、船内活動搭乗員の死傷に至る。 | <p>【リスク最小化設計】</p> <ul style="list-style-type: none"> 非金属材料には難燃性の材料を選定する。 | <ul style="list-style-type: none"> 不燃性・難燃性材料を使用していることを、材料識別及び使用リスト(MIUL)で確認した。 | 5.(3)構成材料 |
| ⑥ | 回転機器の飛散 (カタストロフィックハザード) | <ul style="list-style-type: none"> 回転機器の破損により破片が飛散し、船内活動中の搭乗員へ衝突し、死傷に至る。 | <p>【リスク最小化設計】</p> <ul style="list-style-type: none"> 回転機器が飛散しても、金属筐体で覆われている設計とした。 | <ul style="list-style-type: none"> 図面検査により確認した。 | 7.(1)搭乗員の保護 |
| ⑦ | 鋭利な端部、突起物への接触、回転体への巻き込み (船内活動員に対してクリティカルハザード) | <ul style="list-style-type: none"> 装置の鋭利端部・突起物により、船内活動搭乗員の皮膚の裂傷に至る。 回転機器に巻き込まれてクルー負傷する | <p>【リスク最小化設計】</p> <ul style="list-style-type: none"> ISS共通の安全標準に基づき、装置は許容できない鋭利端部・突起物或いは隙間がない設計とする。 温度勾配炉のドアを解放した状態でを行いビデオ撮影(初期検証)時は、クルーはラックに接触しない運用制御とする | <ul style="list-style-type: none"> 面取り及び隙間に関する共通の要求に合致していることを現品検査により確認した。 手順が運用制御合意文書に規定されたことを確認した。 | 7.(1)搭乗員の保護 |

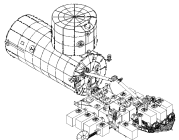
8. 安全設計・検証結果

8.2 ISS共通的な制御方法により検証した事項

ISS共通の制御方法により対応した項目(つづき)

| | ハザード内容及び被害の度合い | 想定されるハザードとその原因 | ハザード制御方法 | ハザード制御の有効性の検証方法及び検証結果 | 宇宙ステーション取付型実験モジュール(JEM)に係る安全評価のための基本指針関連項目 |
|---|--|--|---|---|--|
| ⑧ | ガラスの破損 | ガラスの破片による搭乗員の日・肺への障害に至る。 | 【リスク最小化設計】 ガラス機器は、破片が飛散しないように封入設計とする。(該当は温度勾配炉ラックのみ) | •図面検査により確認した。 | 7.(1)搭乗員の保護 |
| ⑨ | 高温/低温部への接触 (船内活動員に対してクリティカルハザード/船外活動員に対してカタストロフィックハザード) | 装置の高温部または低温部*に搭乗員が触れ、火傷または凍傷を負う。(*温度勾配炉ラック/多目的実験ラックについては低温部はない。) | 【1故障許容設計】 •温度勾配炉ラック前面パネルを除き、外部環境の最悪条件下において、実験装置内の機器の故障によっても、搭乗員が許容できる外表面温度となる設計とするように設計する。 •ただしラック内の空冷ファン停止時にはラック前面パネルの一部が50℃程度に上昇するため、搭乗員に触らないように注意喚起する手順を設定する。 ※船内活動員に対する許容外表面温度:-18~49℃ | •ヒータのオン故障、「きぼう」からの冷却水停止等の故障が発生した場合を想定し、熱試験により熱解析モデルを検証し、そのモデルを用いて最高/最低温度を解析し、要求値以内であることを確認した。 •注意喚起については、手順が運用制御合意文書に規定されたことを確認した。 | 7.(1)搭乗員の保護 6.(3)保全性 |
| ⑩ | 電力系の損傷 (カタストロフィックハザード) | •電力系統の地絡により、JEMまたはISSの安全上重要な機器に損傷を与える。 •不適切は電力線サイズの選定により加熱し火災に至る。 •不適切な接地設計により高電圧部を形成し、搭乗員が感電する。 | 【リスク最小化設計】 •地絡電流を遮断する保護装置を設置する。 •高電圧露出表面のないような接地設計とする。 •電力系統の適切な絶縁処理と、適切な電力線のサイズを選定する。 | •電力線のサイズ、電流遮断保護装置を図面及び検査で確認した。 •関連機器が適切に接地されていることを接地抵抗を計測した。 | 5.(3)構成材料 6.(2)信頼性 7.(1)搭乗員の保護 |

注) 運用制御合意文書: 運用制御内容を装置開発担当部門から手順書を作成する運用部門に申し送るための文書



Japanese Experiment Module

8. 安全設計・検証結果

8.2 ISS共通的な制御方法により検証した事項

ISS共通の制御方法により対応した項目(つづき)

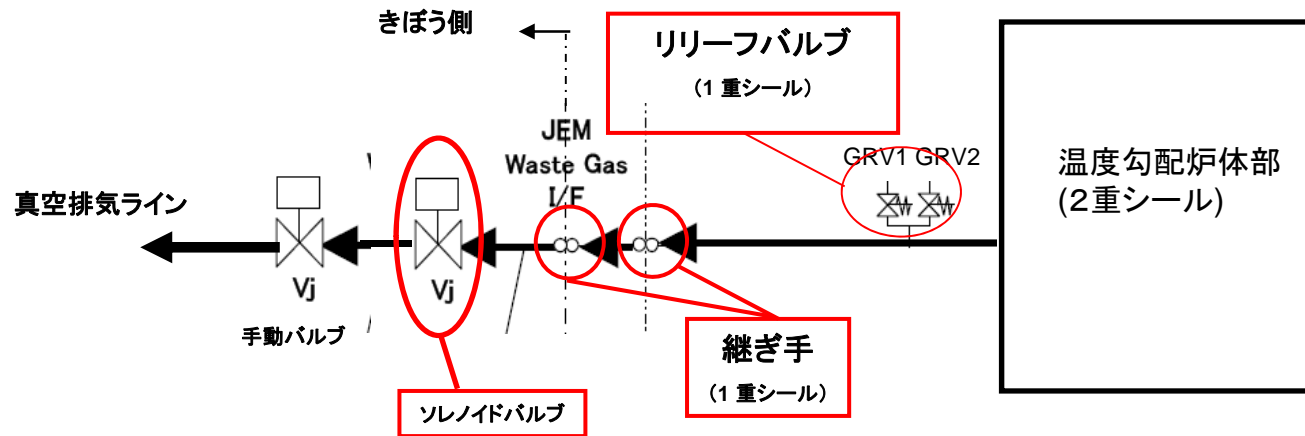
| | ハザード内容 及び被害の度合い | 想定されるハザードとその原因 | ハザード制御方法 | ハザード制御の有効性の 検証方法及び検証結果 | 宇宙ステーション 取付型実験モ ジュール(JEM)に 係る安全評価の ための基本指針 関連項目 |
|---|-----------------------------------|--|---|--|--|
| ⑪ | 感電(コネクタ脱着) (カタストロフィックハ ザード) | 搭乗員が電力コネクタの脱着時に 高電圧表面に触れることにより感 電し、搭乗員の死傷にいたる。 | 【リスク最小化設計】 ・コネクタの上流はソケットタイプとし、また適 切に接地した。 ・高電圧のコネクタを脱着する場合は上流の スイッチを遮断する手順とした。 | ・コネクタのタイプを図面、 現品検査により確認した ・高電圧コネクタ(32V以上) を脱着する場合の手順が 運用制御合意文書に反映 されていることを確認した。 | 7.(1)搭乗員の 保護 6.(3)保全性 |
| ⑫ | 退避経路への障害 (カタストロフィックハ ザード) | ・ラック表面の搭載物が船内実験 室内の退避経路を塞ぐことによ り、減圧もしくは火災時に、搭乗員 が隣接するモジュールへの退避が 遅れる。 | 【リスク最小化設計】 温度勾配炉ラックの試料交換機構のドア、多 目的実験ラックのワークベンチの展開時 でも、ISSが規定する最小退避経路(縦127cm x 横183cm)を確保する。 | ・図面により最小退避経路 が確保されることを確認し た | 8.(2)アクセス |

8.3 温度勾配炉ラックに特徴的な制御方法により検証した事項

① 減圧による窒息

【想定されるハザード】: カタストロフィックハザード

真空排気ライン上のバルブのシール部からの空気漏洩により、船内が減圧し、搭乗員を窒息させる。



【制御方法、検証結果】: 故障許容設計

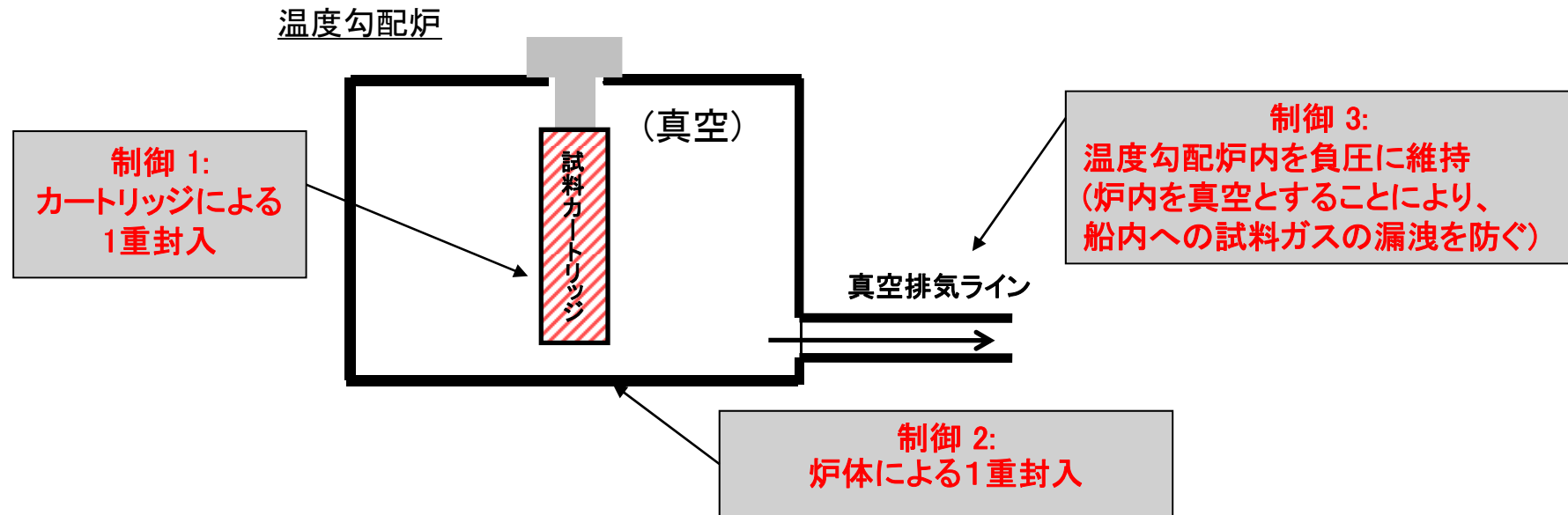
| 制御 | 検証 |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 温度勾配炉内のリリーフバルブ、継ぎ手類が1重シールを持つ設計とする(制御1) | <ul style="list-style-type: none"> 図面検査、機能試験により適切なシールを有することを確認した。 |
| <p>以下「きぼう」の制御</p> <ul style="list-style-type: none"> 「きぼう」は船内減圧時にソレノイドバルブを遠隔操作で閉鎖する(制御2) ソレノイドバルブのシールが破損し、さらに他の配管上のシールも破損し、船内実験室内が減圧された場合でも搭乗員が3分以内に退避できる設計となっている(制御3)。 | <p>以下は「きぼう」打ち上げ(平成20年)前に確認している。</p> <ul style="list-style-type: none"> 機能試験によりバルブ機能を確認した。 漏洩時に搭乗員が他のモジュールに退避する時間が確保できることを解析にて確認した。 |

8.3 温度勾配炉ラックに特徴的な制御方法により検証した事項

② 実験試料ガス漏洩による空気汚染

【想定されるハザード】:カタストロフィックハザード

- 実験中に封入が破れ炉体内にあるカートリッジ内の実験試料ガスが炉外に漏洩し、きぼう船内空気を汚染する。



【制御方法/検証結果】 : 故障許容設計

| 制御 | 検証 |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • カートリッジによる1重封入(制御1)、温度勾配炉体部による1重封入以上*(制御2) *要求上は1重だが炉体部は2重シール設計とした。 • 実験開始前に、炉内を負圧にする手順を設定する(制御3)。 | <ul style="list-style-type: none"> • インタフェース管理文書、図面、現品検査及び機能試験により確認した • 実験開始前に、温度勾配炉内を真空にする手順が運用制御合意文書*に反映されていることを確認した。 |
| <ul style="list-style-type: none"> • 2つの炉内の温度センサにより、温度勾配炉が過熱状態となった場合には電源を遮断し、加熱を停止する。 | <ul style="list-style-type: none"> • 機能試験により電源遮断できることを確認した。 |

8.3 温度勾配炉ラックに特徴的な制御方法により検証した事項

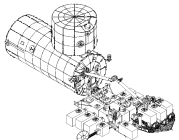
③ 炉体部/ガス配管の破裂

【想定されるハザード】:カタストロフィックハザード

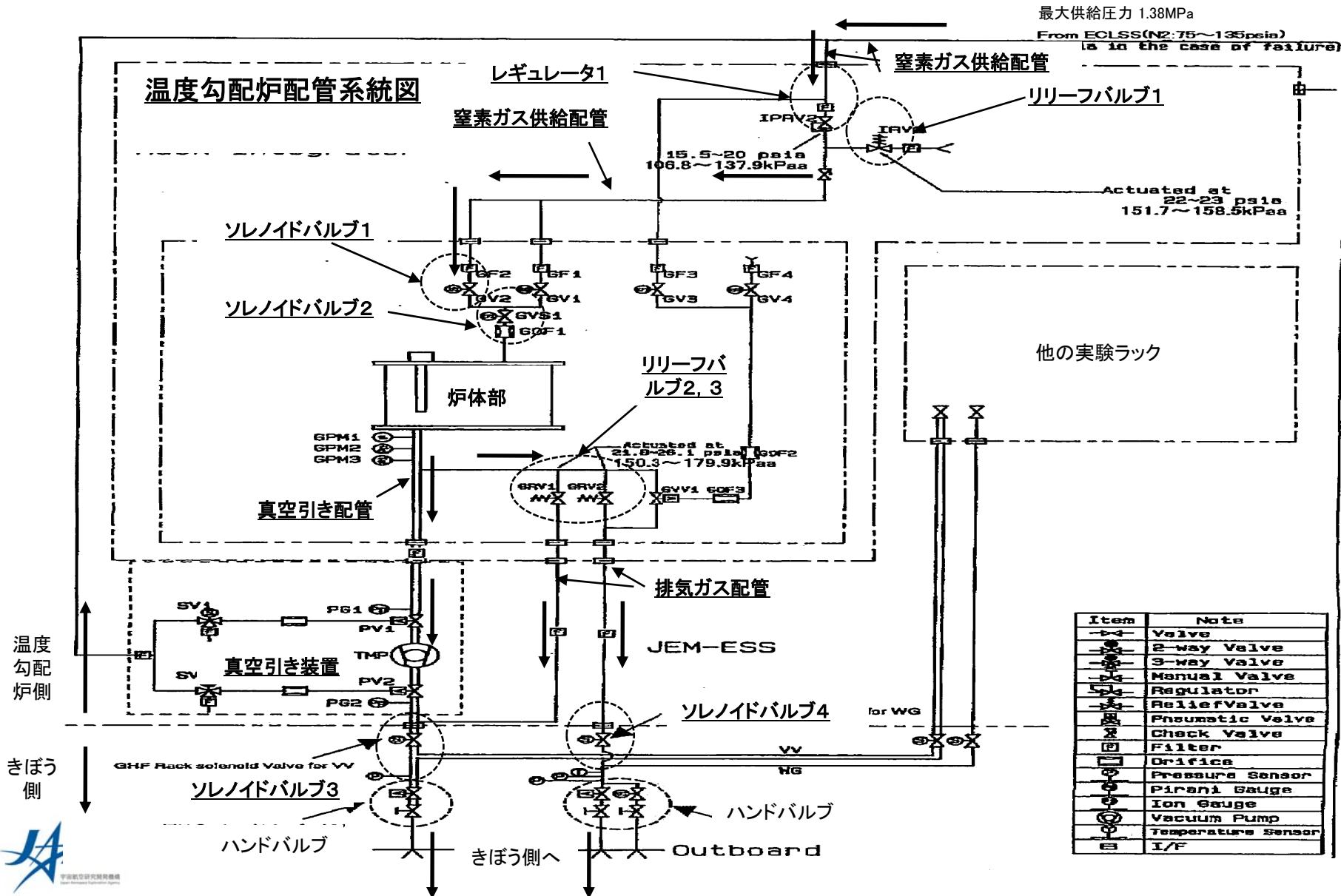
- ケース1:実験開始前の炉体部及び配管内の窒素ガス置換中にきぼうからの供給窒素ガス圧力(1.38MPa)の調圧機能(1.38MPa→0.14MPa)が故障し、温度勾配炉ラック炉体部及びガス配管の圧力が最大設計圧力(0.19MPa)を超過し、破損させる。
- ケース2:温度勾配炉を加熱中に、意図せずに炉内にガスが入り、熱膨張により炉の最大設計圧力(0.19MPa)を超過する。

【制御方法/検証結果】 : 故障許容設計

| 制御 | 検証 |
|---|---|
| 【ケース1】 | |
| •レギュレータ1により(1.38MPa→0.14MPa)に調圧する(制御1)。 | •図面、現品検査及び機能試験にてレギュレータの動作に問題ないことを確認した。 |
| •レギュレータ1が故障した場合は、リリースバルブ1(リリース圧0.16MPa)で圧力を解放する(制御2)。 | •図面、現品検査及び機能試験にリリースバルブの動作に問題ないことを確認した。 |
| •リリースバルブ1が故障した場合は、リリースバルブ2または3(リリース圧0.18MPa)が圧力を解放する(制御3)。 | •同上 |
| 【ケース2】 | |
| •加熱中はソレノイドバルブ1(制御1)及びソレノイドバルブ2(制御2)を閉じる。 | •図面、現品検査及び機能試験にてバルブの動作に問題ないことを確認した。 |
| •加熱中は真空引きラインのソレノイドバルブ3及び排気ガスラインのソレノイドバルブ4を開けて、炉を真空に保つ(制御3)。 | •図面、現品検査及び機能試験にて真空に維持できることを確認した。 •実験開始前に、温度勾配炉内を真空にする手順が運用制御合意文書に反映されていることを確認した。 |



8.3 温度勾配炉ラックに特徴的な制御方法により検証した事項 ③ 炉体部/ガス配管の破裂(つづき)

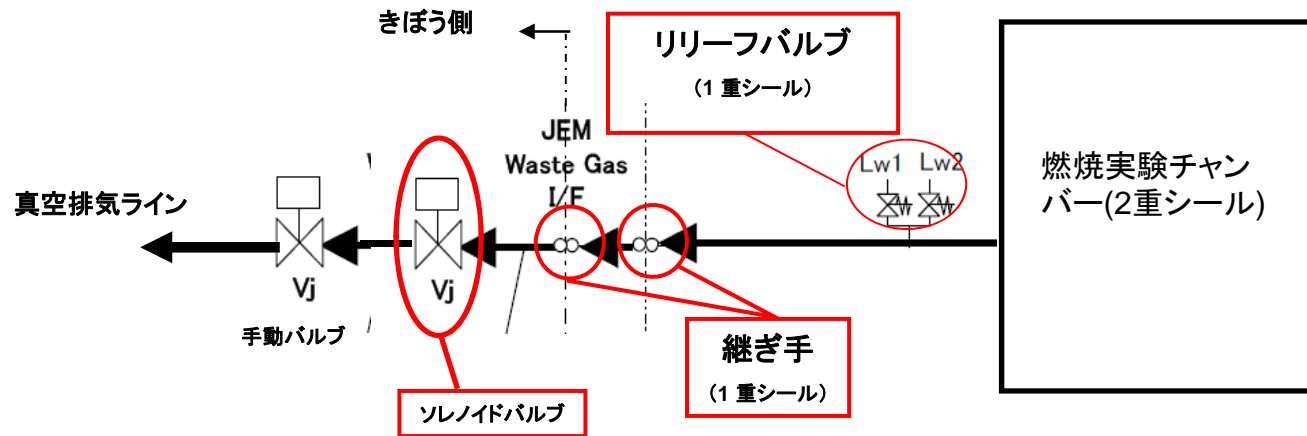


8.4 多目的実験ラックに特徴的な方法により検証した事項

① 減圧による窒息

【想定されるハザード】: カタストロフィックハザード

真空排気ライン上のバルブのシール部からの空気漏洩により、船内が減圧し、搭乗員を窒息させる。



【制御方法、検証結果】: 故障許容設計

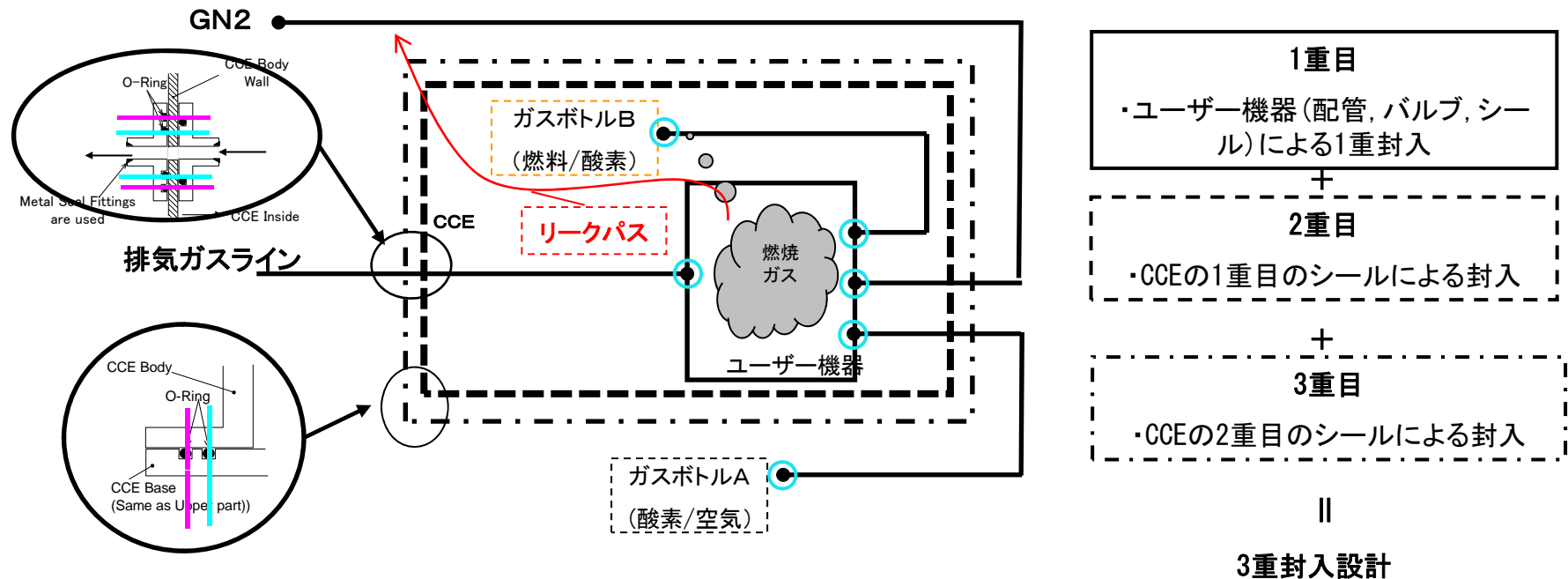
| 制御 | 検証 |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 多目的実験ラック内のリリーフバルブ、継ぎ手類が1重シールを持つ設計とする(制御1) | <ul style="list-style-type: none"> 図面検査、機能試験により適切なシールを有することを確認した。 |
| <p>以下「きぼう」の制御</p> <ul style="list-style-type: none"> 「きぼう」は船内減圧時にソレノイドバルブを閉とする(制御2) ソレノイドバルブのシールが破損し、さらに他の配管上のシールも破損し、船内実験室内が減圧された場合でも搭乗員が3分以内に退避できる設計となっている(制御3) | <p>以下は「きぼう」打ち上げ(平成20年)前に確認している。</p> <ul style="list-style-type: none"> 機能試験によりバルブ機能を確認した。 漏洩時に搭乗員が他のモジュールに退避する時間が確保できることを解析にて確認した。 |

8.4 多目的実験ラックに特徴的な制御方法により検証した事項

② 燃焼ガス漏洩による空気汚染

【想定されるハザード】: カタストロフィックハザード

- 燃焼実験チャンバー(CCE)内の燃焼ガス(毒性物質)が漏洩し、キャビン内空気を汚染する。



【制御方法/検証結果】: 故障許容設計

| 制御 | 検証 |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> CCEで2重封入を持ち、加えてユーザー機器(実験供試体側)で1重封入を行うことをインタフェース管理文書で規定し、計3重封入設計とする*。 <p>* NASAが規定する毒性レベル2(JSC-26895 Guidelines for Assessing the Toxic Hazard of Spacecraft Chemicals and Test Materialsに基づく)までの燃焼ガスを扱う実験が行えるように3重封入が必要。</p> | <ul style="list-style-type: none"> 図面検査、現品検査及び圧力試験により確認した。 軌道上では、クルーが実験開始前や実験終了後(CCEの蓋を開ける際)に圧カシステムのリークチェックを行う手順が運用制御合意文書に反映されていることを確認した。 |

8.4 多目的実験ラックに特徴的な制御方法により検証した事項

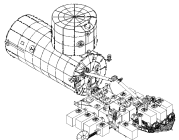
③ 燃焼実験チャンバー/ガス配管の破裂

【想定されるハザード】: カタストロフィックハザード

- ケース1: 燃焼実験チャンバー内及び配管内の窒素ガス置換中にきぼうからの供給窒素ガス(1.38MPa)の調圧機能(1.38MPa→0.2MPa)が故障し、燃焼実験チャンバ内及びガス配管の圧力が最大設計圧力(0.2MPa)を超過し、破損させる。
- ケース2: 酸素ガスボトルAからの酸素供給中に調圧機能(10MPa→0.2MPa)が故障し、燃焼実験チャンバ内及びガス配管の最大設計圧力(0.2MPa)を超過する。
- ケース3: 酸素ガスボトルBからの酸素供給中に、酸素ガスボトルBの継ぎ手/供給配管から酸素ガスが漏洩し燃焼実験チャンバ内の最大設計圧力(0.2MPa)を超過する。

【制御方法、検証結果】: 故障許容設計

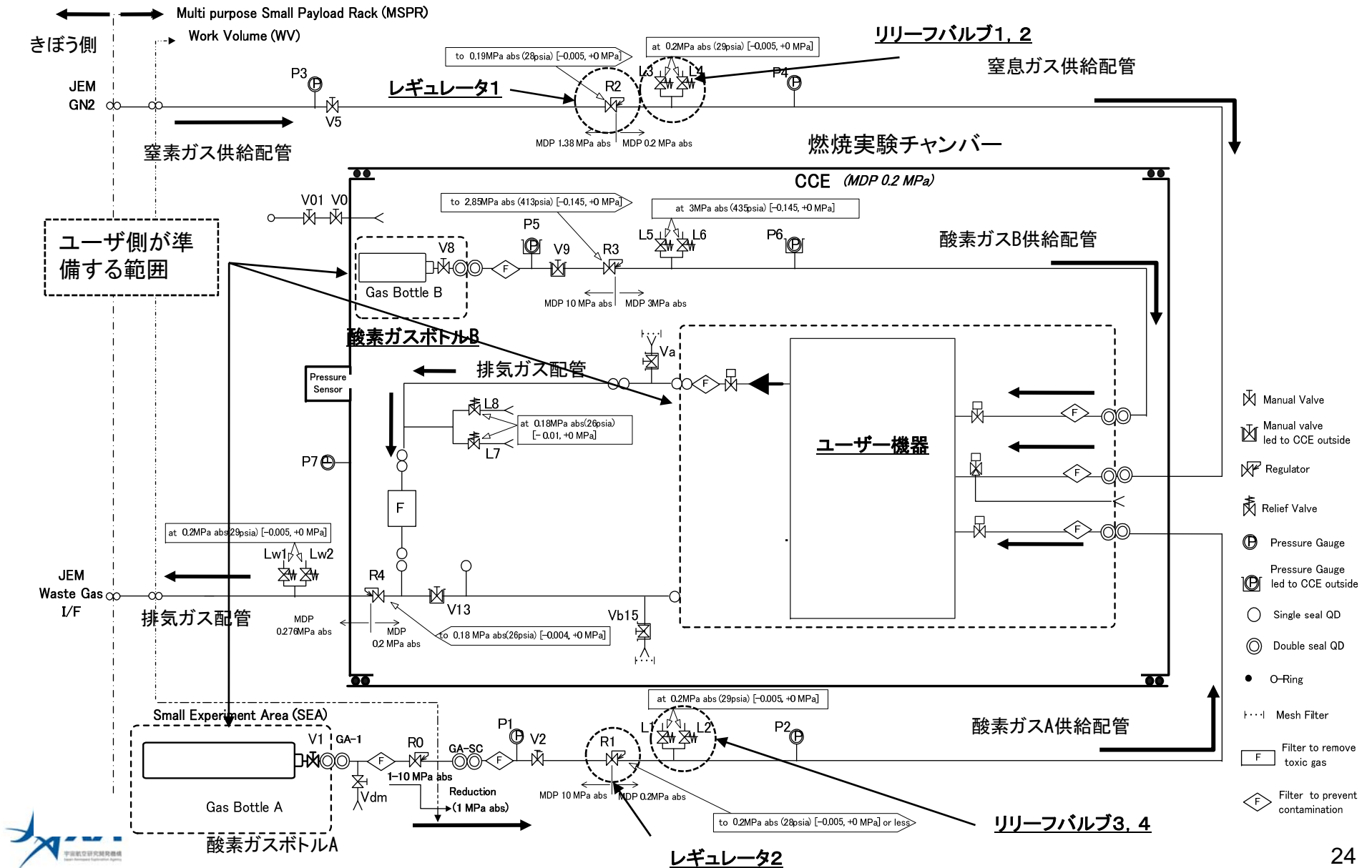
| 制御 | 検証 |
|---|--|
| <p><u>ケース1: 窒素ガス供給配管から燃焼実験チャンバ内へのガス内部漏洩</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • レギュレータ1(1.38MPa→0.2MPa)により調圧する(制御1) • レギュレータ1が故障した場合は、リリーフバルブ1及び2(いずれもリリーフ圧力0.2MPa)で圧力を解放する(制御2、制御3) | <ul style="list-style-type: none"> • 図面検査及び圧力機能試験により確認した。 |
| <p><u>ケース2: 酸素ガスA供給配管から燃焼実験チャンバ内へのガス内部漏洩</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • レギュレータ2(10MPa→0.2MPa)により調圧する(制御1) • レギュレータ2が故障した場合は、リリーフバルブ3及び4(いずれもリリーフ圧力0.2MPa)で圧力を解放する(制御2、制御3) | <ul style="list-style-type: none"> • 同上 |
| <p><u>ケース3: 酸素ガスボトルBの継ぎ手/供給配管から燃焼実験チャンバ内へのガス外部漏洩</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • ガスボトルBの全容量が燃焼実験チャンバ内に漏洩した場合でもチャンバ内が0.2MPa以上にならないよう容量をインタフェース管理文書に規定する。 | <ul style="list-style-type: none"> • ガスボトルを準備するユーザとのインタフェース管理文書にガスボトルBの容量制約が規定されていることを確認した。 |



Japanese Experiment Module

8.4 多目的実験ラックに特徴的な制御方法により検証した事項

③ 燃焼実験チャンバー/ガス配管の破裂(つづき)

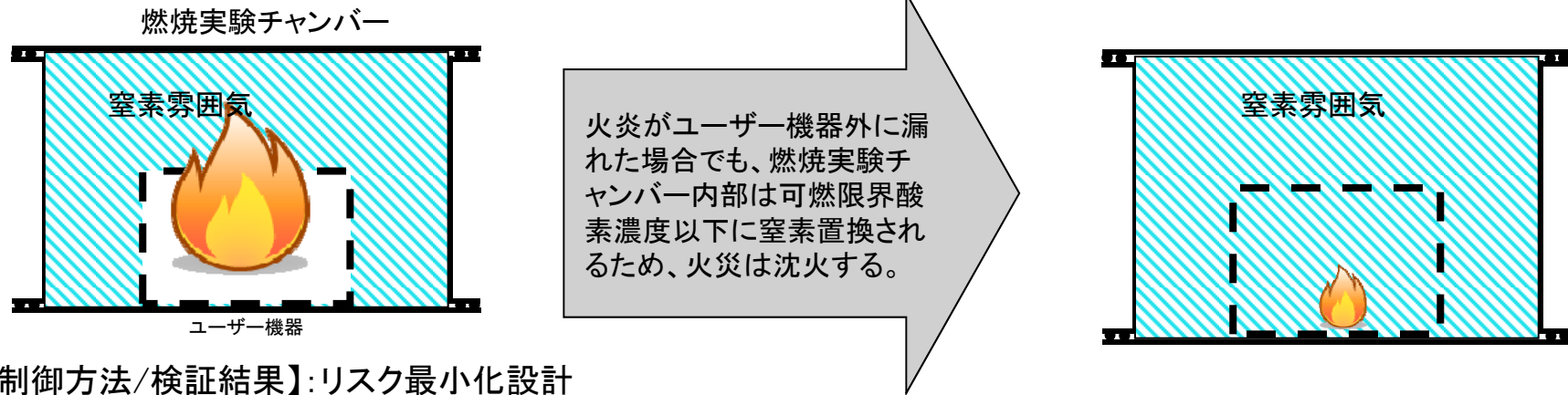


8.4 多目的実験ラックに特徴的な制御方法により検証した事項

④ 燃焼実験チャンバー内の火災

【想定されるハザード】: カタストロフィックハザード

- ユーザー機器(実験供試体)内で生じた火災が燃焼実験チャンバーへ漏洩し、クルーの死傷に至る。



【制御方法/検証結果】: リスク最小化設計

| 制御 | 検証 |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • 使用する実験試料の可燃限界酸素濃度以下になるよう、燃焼実験チャンバー内部を窒素ガスで置換する。 | <ul style="list-style-type: none"> • 実験毎に可燃限界酸素濃度を試験により確認されることをインタフェース管理文書により確認した。 |
| <ul style="list-style-type: none"> • 燃焼実験チャンバー内に搭載される流体機器、配管、クイックディスクコネクタ継ぎ手、ユーザー機器により、燃料や酸素はそれぞれ1重封入以上とする。 | <ul style="list-style-type: none"> • シールの熱耐性及び燃料との適合性を試験および解析により確認した。 • シール封入の健全性を圧力試験により確認した。 |
| <ul style="list-style-type: none"> • 発火源をなくすため、各電気機器にサーモスタットを設置し、オーバーヒートを検知して、電源遮断する。 | <ul style="list-style-type: none"> • サーモスタットの機能試験により確認した。 |
| <ul style="list-style-type: none"> • 適切な電力ワイヤサイズの選定、保護回路の設置、接地設計 | <ul style="list-style-type: none"> • 図面検査、ワイヤディレーティング解析結果の確認 |
| <ul style="list-style-type: none"> • 燃焼実験チャンバーをワークボリュームに固定し適切に排熱させる。 | <ul style="list-style-type: none"> • 燃焼実験チャンバ固定機構の押付け力を試験により確認し、規定どおりの排熱が実施できることを解析により確認した。 |

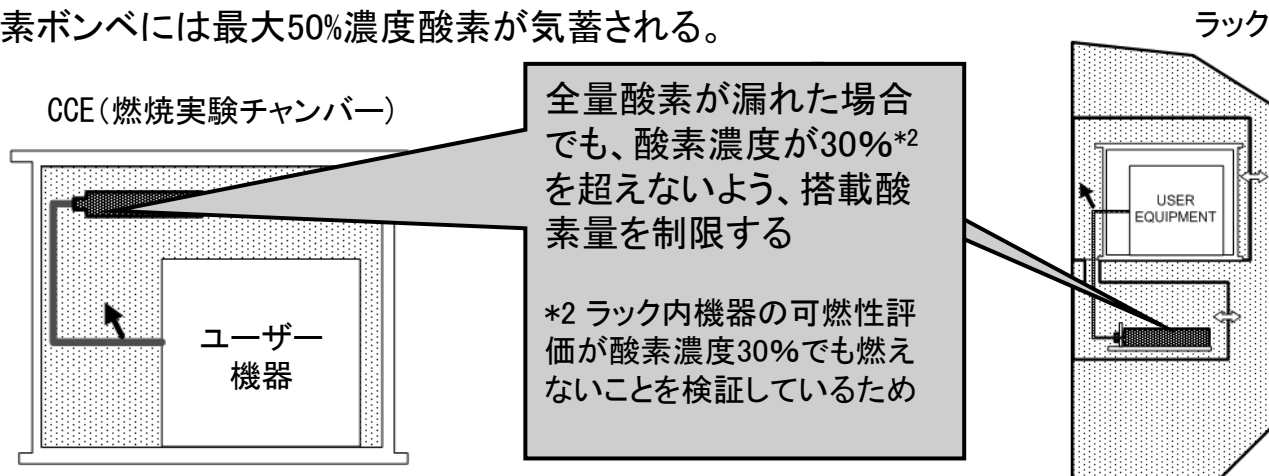
8.4 多目的実験ラックに特徴的な制御方法により検証した事項

⑤ 高濃度酸素の漏洩による火災

【想定されるハザード】: カタストロフィックハザード

- ユーザが持ち込む酸素ボンベ*1から高濃度酸素が燃焼実験チャンバー内もしくはラック内へ漏洩し、発火源（電子機器の熱もしくは電力ワイヤからのスパーク等）との接触による火災を起こす。

*1 酸素ボンベには最大50%濃度酸素が気蓄される。

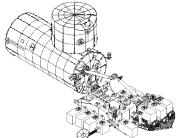


ケース1: CCE内に設置されたボンベからの漏洩

ケース2: 小規模エリアのボンベからラック内への漏洩

【制御方法/検証結果】: リスク最小化設計

| 制御 | 検証 |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • ユーザが持ち込める酸素の濃度は、全量漏れた場合でもラックやCCE内の酸素濃度が30%を超えない量とすることをインターフェース管理文書に規定する。 | <ul style="list-style-type: none"> • インターフェース管理文書に規定されていることを確認した |
| <ul style="list-style-type: none"> • 酸素漏洩が生じないよう、供給配管は適切な封入手段を持つ設計とする - 配管接合部、CCEに2重シールを設ける。 | <ul style="list-style-type: none"> • 図面検査、現品検査 • 接合部/シール部の高濃度酸素(50%)との適合性を解析・試験により確認した。 |
| <ul style="list-style-type: none"> • 空冷ファンにより、高濃度酸素の吹き溜まりを防ぐとともにファンが故障しラック内の対流が止まった場合は、ラック内の発火源をなくすためラック全体の電源を遮断する。 | <ul style="list-style-type: none"> • 「きぼう」の機能をシミュレートできるソフトウェア試験により、ラック内対流停止時に自動で電源遮断ができることを確認した。 |



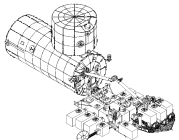
9. 運用への準備等 (1/2)

(1) 運用制御合意文書の運用への反映

- ハザード制御の中で、運用により制御を行うものは、運用によるハザード制御として運用制御合意文書にまとめて管理し、NASAの運用によるものはNASA、実験装置の運用によるものは実験運用担当が運用手順や運用上の取り決めに反映する。
- 運用手順や運用上の取り決めは運用実施部門と独立したJAXA運用安全担当及びNASA内の運用安全担当が運用開始前までに妥当性を評価する。

(2) 安全検証追跡ログによる管理

- 種子島宇宙センターで打上げ直前に最終検証を行うものは、安全検証追跡ログ (SVTL: Safety Verification Tracking Log) に識別し、すべて検証が完了したことを確認した。安全検証追跡ログを次ページに示す。



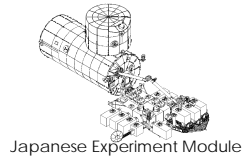
9. 運用への準備等 (2/2)

【温度勾配炉ラック】

| 番号 | 内容 | ステータス |
|----|--------------------------------|-------|
| 1 | 射場での冷却ラインへの水充填作業及びアキュムレータの取り付け | 完了 |

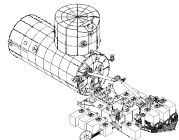
【多目的実験ラック】

| 番号 | 内容 | ステータス |
|----|--------------------------------|-------|
| 1 | 射場での打上げ輸送用バッグ搭載品の梱包確認 | 完了 |
| 2 | 射場での冷却ラインへの水充填作業及びアキュムレータの取り付け | 完了 |



10. 結論

JAXAは、温度勾配炉ラック、多目的実験ラックに関し、JAXA内安全審査を終了し、安全指針に合致したことを確認し、安全検証は完了したと判断した。



付表-1

基本指針に対する全体設計・検証結果

注記1) 表中のハザードレポートの識別の意味は以下のとおりである。

なし: 8.2項(ISS共通的な制御方法により検証した事項)に関するハザードレポート

●: 8.3項(温度勾配炉ラックに特徴的な制御方法により検証した事項)に関するハザードレポート

◎: 8.4項(多目的実験ラックに特徴的な制御方法により検証した事項)に関するハザードレポート

注記2) ハザードレポート番号の識別は、以下のとおりである。

NASDA-1JA/1J,-2JA及びICS-XX: JEMシステムのハザードレポート番号

GHF-XX: 温度勾配炉ラック炉体部のハザードレポート番号

WPP-XX: 温度勾配炉ラック水冷ポンプのハザードレポート番号

Rack1-XX: 温度勾配炉ラック組立部のハザードレポート番号

STD-MSPR-XX, MULTI RACK-XX: 多目的実験ラックのハザードレポート番号

付表-1 基本指針に対する全体設計結果 (1/15)

| JEM 基本指針(平成 8 年) | 【参考】国際宇宙ステーションの日本の実験棟(JEM)の安全設計について (報告) (平成 11 年 7 月 7 日) | 温度勾配炉ラック安全検証結果 | 多目的実験ラック安全検証結果 |
|--|--|---|---|
| <p>3.基本的な考え方 JEM の安全確保のため、以下の基本的な考え方に従って十分な安全対策を講じ、リスクを可能な限り小さくすることとする。</p> | <p>1.基本的考え方</p> | <p>1.基本的考え方 (ハザード制御の基本となるもの)</p> | <p>1. 基本的考え方 (ハザード制御の基本となるもの)</p> |
| <p>(1)安全確保の対象 宇宙ステーションは、人間をその構成要素として含むシステムであり、搭乗員の死傷を未然に防止するため、安全確保を図ることとする。</p> | <p>(1)安全確保の対象 JEM においては、以下に述べるとおり、直接搭乗員に被害を与えるハザード(事故をもたらす要因が顕在又は潜在する状態)及び安全に関わるシステムに被害を与えることにより間接的に搭乗員に被害を与えるハザードが考慮され、搭乗員の死傷を未然に防止するための安全確保が図られている。</p> | <p>一般的事項 (左記のとおり実施している)</p> | <p>一般的事項 (左記のとおり実施している)</p> |
| <p>(2)安全確保の方法 JEM の開発及び運用においては、すべてのハザードを識別し、以下の優先順位に従ってハザードを制御し、残存ハザードのリスクを評価することとする。</p> <p>ア ハザードの除去 ハザードについては、可能な限り除去する。</p> <p>イ リスクの最小化設計 故障許容設計、適切な部品・材料の選定等により、リスクが最小となるようにする。</p> <p>ウ 安全装置 異常が発生したとしても被害を最小限にするように、安全装置を付加する。</p> <p>エ 警報・非常設備等 異常が発生した場合には、警報が作動し、また、万一緊急の措置を要す事態に至った場合には、緊急警報が作動して、搭乗員に異常を知らせる。 さらに、異常の発生に備えて、非常設備及び防護具を備える。</p> <p>オ 運用手順 リスクが最小となるような運用手順を整備する。</p> <p>カ 保全 適切な予防保全により、異常の発生頻度を小さくする。</p> | <p>(2)安全確保の方法 JEM においては、有人活動の特殊性を配慮して安全設計を行うことを基本的考え方とし、次のとおり、ハザードを識別し、優先順位に従い、ハザードの制御、残存ハザードのリスク評価が行われている。</p> <p>ア ハザードの識別 対象となるシステム及びその運用について、ハードウェア、ソフトウェア、運用・誤動作等のヒューマンエラー、インターフェース、環境条件等を考慮して、予測可能なすべてのハザード及びその原因が故障の木解析(FTA)・故障モード影響解析(FMEA)を活用した安全解析により識別されている。</p> <p>イ ハザードの除去・制御 ハザードについては可能な限り除去するが、困難な場合には、①リスク低減設計、②安全装置、③警報・非常設備等、④運用手順、⑤保全の優先順位でハザードの制御が行われる。</p> <p>設定されたハザード制御の有効性は、①試験、②解析、③検査、④デモンストラーションのいずれか、あるいは組み合わせによって確認される。</p> <p>ウ 残存ハザードのリスク評価 残存ハザードのリスクは、被害の度合い及び発生頻度のマトリクスで評価され、十分に低いレベルに制御されていることが確認される。</p> | <p>一般的事項 (左記のとおり実施している)</p> | <p>一般的事項 (左記のとおり実施している)</p> |
| <p>(3)有人活動の特殊性への配慮 JEM は、自然環境及び誘導環境から搭乗員及び安全に関わる機器を保護するために、十分な構造上の強度、寿命等を有するとともに、安全に関わるシステムの故障(誤操作を含む。)に対する適切な許容度の確保、容易な保全等ができるようにする。 また、火災、爆発、危険物等による異常の発生防止並びに外傷、火傷、感電等の傷害及び疾病の発生防止を図るとともに、緊急対策に十分配慮する。</p> | | <p>一般的事項 (左記のとおり実施している)</p> | <p>一般的事項 (左記のとおり実施している)</p> |
| <p>4.宇宙環境対策 JEM は、宇宙における自然環境並びに打上げ時及び軌道上における誘導環境から搭乗員及び安全に関わるシステムが保護されるようにしなければならない。このため、以下のような対策を講じる必要がある。</p> | <p>2.宇宙環境対策 JEM は、宇宙における自然環境並びに打上げ時及び軌道上における誘導環境から搭乗員及び安全に関するシステムを保護するため、以下の対策が講じられている。</p> | <p>2. 宇宙環境対策 温度勾配炉ラックは、宇宙における自然環境並びに打上げ時及び軌道上における誘導環境から搭乗員及び安全に関するシステムを保護するため、以下の対策が講じられている。</p> | <p>2. 宇宙環境対策 多目的実験ラックは、宇宙における自然環境並びに打上げ時及び軌道上における誘導環境から搭乗員及び安全に関するシステムを保護するため、以下の対策が講じられている。</p> |
| <p>(1)自然環境からの保護 ア 隕石・スペースデブリ 隕石・スペースデブリの衝突により、JEM の安全に関わるシステムが損傷し、搭乗員が危険な状態とならないよう、可能な限り防御すること。 なお、万一隕石・スペースデブリが JEM に衝突した場合には、JEM から宇宙ステーション本体への退避により、搭乗員の安全確保を図ること。</p> | <p>(1)自然環境からの保護 ア メテオロイド、スペースデブリ メテオロイド(流星物質)、スペースデブリ(宇宙機システムから発生する人工物体(以下「デブリ」という。))の衝突により、JEM の安全に関わるシステムが損傷し、搭乗員が危険な状態とならないよう、次のとおり可能な限りの防御対策がとられている。</p> <p>(注)ISS では、安全上重要な与圧モジュール(船内実験室、船内保管室)の構造については、全体で配慮する必要があるため、デブリ衝突時にモジュール壁を貫通しない確率(非貫通確率:PNP, Probability of No Penetration)が規定されており、JEM の与圧部(船内実験室)と補給部与圧区(船内保管室)とを合わせた PNP 要求値は、0.9738/10 年となっている。</p> <p>①直径 1cm 以下のデブリ スタッフリング入りハンパ(米国 NASA で提案されたセラミック材/炭素複合材料(Nextel/Kevlar)からなるスタッフリング(充填材)を外側ハンパと与圧壁の間に設置したハンパ)による貫通防御対策が実施されている。</p> <p>②直径 10cm 以上のデブリ 事前に地上観測結果を使用して、デブリの存在・軌道要素を把握し、衝突の危険性がある場合は、ISS の軌道制御により衝突回避する。</p> <p>③直径 1~10cm のデブリ</p> | <p>(1)自然環境からの保護 温度勾配炉ラックに対しては該当機能がないため適用外とする。</p> | <p>(1)自然環境からの保護 多目的実験ラックに対しては該当機能がないため適用外とする。</p> |

付表-1 基本指針に対する全体設計結果 (2/15)

| JEM 基本指針(平成 8 年) | 【参考】国際宇宙ステーションの日本の実験棟(JEM)の安全設計について (報告) (平成 11 年 7 月 7 日) | 温度勾配炉ラック安全検証結果 | 多目的実験ラック安全検証結果 |
|--|--|---|---|
| | <p>衝突により与圧モジュール(船内実験室、船内保管室)をデブリが貫通した場合、搭乗員は隣のステーション本体側モジュールに退避しハッチを閉めることとしている。デブリ貫通による与圧モジュール(船内実験室、船内保管室)損傷直径とステーションの与圧モジュール(船内実験室、船内保管室)全体の減圧時間の関係は別表(略)に示すとおりである。</p> <p>なお、現在、直径 10cm 以下のデブリについても認識できるよう、地上観測能力の向上、データベース充実に向けて努力がなされており、ISS/JEM 運用までに、国際的協力の下、デブリによる搭乗員の危険を低下させることが期待されている。</p> <p><関連ハザードレポート> NASDA-1JA/1J-0009 隕石/デブリとの衝突</p> | | |
| <p>イ 宇宙放射線 JEM の安全に関わる機器は、放射線による誤動作、故障及び性能劣化を可能な限り生じないこと。 また、搭乗員が搭乗期間中に受ける放射線の被曝量をモニターすること。</p> | <p>イ 宇宙放射線</p> <p>ISS が運用される高度約 400km、軌道傾斜角 51.6 度の軌道においては、機器及び搭乗員は、太陽系外から飛来し鉄等の重粒子成分を含む銀河宇宙線、太陽フレアで発生する太陽放射線、地球磁気圏に定常的に捕捉されている捕捉放射線により被ばくする。</p> <p>このため、JEM の安全に関わる機器については、これらの放射線による誤動作、故障及び性能劣化を生じないよう、耐放射線部品、放射線シールド、ソフトウェア改善(エラー検出訂正等)等、可能な限りの対策を講じ、JEM としての耐放射線性が評価・確認されている。</p> <p>また、与圧モジュール(船内実験室、船内保管室)内の搭乗員については、ISS では造血器官(深さ 5cm の線量当量)に対する被ばくが年間 400mSv(40rem)を越えないことが設計要求とされている。</p> <p>JEM の与圧部(船内実験室)・補給部与圧区(船内保管室)は、外壁にアルミを使用し、外壁の外側にはアルミ製のデブリシールド、多層断熱材が設置され、また、与圧部(船内実験室)内の外壁内側には機器を搭載したラック、艙装品が設置され、放射線の遮蔽に寄与している。</p> <p>これらの対策により、与圧部(船内実験室)・補給部与圧区(船内保管室)内の搭乗員に対する被ばく量は、ISS 設計要求値内に抑えられることが解析により確認されている。</p> <p>なお、運用に当たっては、太陽フレア等の突発的な現象に備え、太陽活動の観測や ISS 船内・船外における宇宙放射線計測を実施し、搭乗員の被ばく量を定常的に把握する計画となっている。</p> <p>さらに、搭乗員個人の被ばく量を計測・記録し、宇宙放射線被ばくのリスクを耐容・容認可能なレベルに保つため、搭乗期間及び船外活動(EVA)の期間を適切に管理することにより、生涯に受ける総被ばく量及び一定期間内に受ける臓器・組織の被ばく量を制限する計画となっている。</p> <p>今後は、銀河宇宙線に含まれる鉄等重粒子イオン被ばくや、その外壁等におけるフラグメンテーション等による 2 次放射線被ばくの影響、人体内の臓器毎の線量の評価方法等についても研究が進められる予定となっている。</p> <p><関連ハザードレポート> NASDA-1JA/1J-0020 過度の電離放射線(JEM 隔壁による制御)</p> | <p>イ 宇宙放射線</p> <p>温度勾配炉ラックとして検証する必要がある事項は、温度勾配炉ラックの部品材料に対する耐放射線性である。</p> <p>温度勾配炉ラックの安全に関わる機器については、放射線による誤動作、故障及び性能劣化を生じないよう、放射線による経年劣化を起こしにくい電線被覆や、重粒子により酸化被膜を破壊され難いアルミキャップ式の半導体を使うなど、耐放射線部品、放射線シールド、一部のソフトウェア改善等(ビット反転によるエラー検出訂正等)等、可能な限りの対策を講じ、温度勾配炉ラックとしての耐放射線性が評価・確認されている。</p> | <p>イ 宇宙放射線</p> <p>多目的実験ラックラックとして検証する必要がある事項は、多目的実験ラックの部品材料に対する耐放射線性である。</p> <p>多目的実験ラックの安全に関わる機器については、放射線による誤動作、故障及び性能劣化を生じないよう、放射線による経年劣化を起こしにくい電線被覆や、重粒子により酸化被膜を破壊され難いアルミキャップ式の半導体を使うなど、耐放射線部品、放射線シールド等、可能な限りの対策を講じ、多目的実験ラックとしての耐放射線性が評価・確認されている。</p> |
| <p>ウ 高真空、微小重力等 JEM は、高真空、微小重力、電磁波、プラズマ、高温・低温、原子状酸素等の環境に対して、搭乗員の安全及び安全に関わる機器の正常な動作を確保できること。 また、与圧部(船内実験室)に設置される安全に関わる機器は、減圧に耐え、再加圧後正常に動作すること。</p> | <p>ウ 高真空、微小重力等</p> <p>①高真空 与圧部(船内実験室)・補給部与圧区(船内保管室)は、搭乗員が高真空の環境に曝されないよう、ISS 本体側の全圧制御による内部圧力を維持する設計となっている。</p> <p>曝露環境に設置される機器は、高真空に曝されるため、地上との気圧環境の差異を考慮した設計とされており、環境試験により高真空下での耐環境性が確認されている。(減圧・再加圧については、6(3)参照。)</p> | <p>ウ 高真空、微小重力等</p> <p>①高真空 温度勾配炉ラックに対しては該当機能がないため適用外とする。</p> <p>参考:(JEMシステムでの制御方法) 与圧部(船内実験室)・補給部与圧区(船内保管室)は、搭乗員が高真空の環境に曝されないよう、ISS 本体側の全圧制御による内部圧力を維持する設計となっていることを、ISS とのインタフェース管理仕様書(ICD)に規定されていることを確認した。JEM は、搭乗員滞在時はハッチを開放することで、ISS 本体側の全圧制御に依存する運用となっていることを確認した。</p> <p>曝露環境に設置される機器は、高真空に曝されるため、地上との気圧環境の差異を考慮した設計とされており、環境試験により高真空下での耐環境性が確認されている。</p> | <p>ウ 高真空、微小重力等</p> <p>①高真空 多目的実験ラックに対しては該当機能がないため適用外とする。</p> <p>同左</p> |
| | <p>②微小重力 微小重力下での、物体の浮遊による搭乗員への衝突や挟み込みを防止するため、JEM に持ち込まれ又は取り外される機器は、仮置き時に拘束器具が取り付け可能で、搭乗員による取り扱いの作業手順が適切に設定されている。</p> <p>また、微小重力下で搭乗員が作業を行う場合には、自身の足を固定できるよう、適切な箇所に足部固定具が設置可能となっている。</p> | <p>②微小重力 微小重力下での、物体の浮遊による搭乗員への衝突や挟み込みを防止するため、JEM に持ち込まれ又は取り外される機器は、シートラック/テザーを設けることで、交換作業中に固定できる設計としていることを図面、実機検査にて確認した。なお、小型機器は、バッグに収納するか、ベルクロで固定するように、作業手順が適切に設定されていることを確認した。</p> <p>また、微小重力下で搭乗員が作業を行う場合には、自身の足を固定できるよう、適切な箇所に足部固定具が設置可能となっていることを、IVAにおいては図面で確認した。</p> | <p>②微小重力 微小重力下での、物体の浮遊による搭乗員への衝突や挟み込みを防止するため、JEM に持ち込まれ又は取り外される機器は、シートラック/テザーを設けることで、交換作業中に固定できる設計としていることを図面、実機検査にて確認した。なお、小型機器は、バッグに収納するか、ベルクロで固定するように、作業手順が適切に設定されていることを確認した。</p> <p>また、燃焼実験チャンバーの浮遊防止として、固定器具を冗長に設置し、かつ適切なトルクで固定している。なお、燃焼実験チャンバーは保管時には、浮遊によるきぼうおよびクルーへの衝突防止のため、きぼうの保管用ラックパネル裏側にテザーによる固定される。</p> |

付表-1 基本指針に対する全体設計結果 (3/15)

| JEM 基本指針(平成 8 年) | 【参考】国際宇宙ステーションの日本の実験棟(JEM)の安全設計について (報告) (平成 11 年 7 月 7 日) | 温度勾配炉ラック安全検証結果 | 多目的実験ラック安全検証結果 |
|--|--|--|---|
| | | | <p>また、微小重力下で搭乗員が作業を行う場合には、自身の足を固定できるよう、適切な箇所に足部固定具が設置可能となっていることを図面で確認した。</p> <p><関連ハザードレポート> MULTI-RACK-01 構造破壊(8.2 項④)</p> |
| | <p>③プラズマ 軌道上の太陽光線、高速荷電粒子の衝突により発生するプラズマは、機器を帯電させ、機器の性能劣化・故障を引き起こすおそれがあるため、機器・構造物・熱制御材等に対し電気的接地の確保・帯電防止が行われている。</p> | <p>③プラズマ 温度勾配炉ラックに対しては該当機能がないため適用外とする。</p> <p>参考:(JEMシステムでの制御方法) 軌道上の太陽光線、高速荷電粒子の衝突により発生するプラズマは、機器を帯電させ、機器の性能劣化・故障を引き起こすおそれがあるため、機器・構造物・熱制御材等に対し電気的接地の確保・帯電防止が行われている。これは打ち上げ前に各電気的結合部の抵抗を測定することで確認している。また軌道上で機器を交換する場合は、電気的結合部を冗長または表面処理等の追加対策を施すことで対応している。</p> | <p>③プラズマ 多目的実験ラックに対しては該当機能がないため適用外とする。</p> <p>同左</p> |
| | <p>④高温・低温 搭乗員が地上に比べて厳しい軌道上の熱環境に曝されないよう、与圧部(船内実験室)・補給部与圧区(船内保管室)の内部では、JEM の環境制御機能により、搭乗員が軽装で活動できる温度環境が提供される。</p> <p>また、軌道上の熱環境により、機器の性能劣化・故障が生じないよう、打上げから全運用範囲にわたって、各機器の温度を許容温度範囲に保つため、多層断熱材による保温、冷却ループによる冷却、ヒートによる加熱等の対策が講じられている。</p> <p>参考:(JEMシステムでの制御方法) 搭乗員が地上に比べて厳しい軌道上の熱環境に曝されないよう、船内実験室・船内保管室の内部では、JEM の 2 台の空気調和装置等の環境制御機能により、搭乗員が軽装で活動できる温度環境が提供できることを、受入試験にて確認している。</p> <p>宇宙空間との熱の授受、最低・最高温度等を解析により、多層断熱材による保温、冷却ループによる冷却、ヒートによる過熱等の対策が、十分であることを検証した。なお、与圧部(船内実験室)については、要素試験により、また、補給部与圧区(船内保管室)については、実機の熱平衡試験を実施し、予測温度を検証している。</p> | <p>④高温・低温 温度勾配炉ラックに対しては該当機能がないため適用外とする。</p> <p>参考:(JEMシステムでの制御方法) 搭乗員が地上に比べて厳しい軌道上の熱環境に曝されないよう、船内実験室・船内保管室の内部では、JEM の 2 台の空気調和装置等の環境制御機能により、搭乗員が軽装で活動できる温度環境が提供できることを、受入試験にて確認している。</p> <p>宇宙空間との熱の授受、最低・最高温度等を解析により、多層断熱材による保温、冷却ループによる冷却、ヒートによる過熱等の対策が、十分であることを検証した。なお、与圧部(船内実験室)については、要素試験により、また、補給部与圧区(船内保管室)については、実機の熱平衡試験を実施し、予測温度を検証している。</p> | <p>④高温・低温 多目的実験ラックに対しては該当機能がないため適用外とする。</p> <p>同左</p> |
| | <p>⑤酸素原子 紫外線により解離生成される酸素原子は、有機材料・金属の表面の材料特性を変化させるため、影響を受ける部分に対しては、適切な材料の選定、表面処理、多層断熱材等による防護対策が講じられている。(電磁波については、(2)イ③(ウ)参照)</p> <p><関連ハザードレポート> NASDA-1JA/1J-0005 減圧 NASDA-1JA/1J-0011, NASDA-2JA-0011 固定されていない機器との衝突(軌道上) NASDA-1JA/1J-0023 隔離/退避不能 NASDA-1JA/1J-0026, NASDA-2JA-0026 不適切な船外活動(EVA)移動支援具</p> <p>NASDA-ICS-0011 固定されていない機器との衝突(軌道上)</p> | <p>⑤酸素原子 温度勾配炉ラックに対しては該当機能がないため適用外とする。</p> | <p>⑤酸素原子 多目的実験ラックに対しては該当機能がないため適用外とする。</p> |
| (2)誘導環境からの保護 | (2)誘導環境からの保護 | (2)誘導環境からの保護 | (2)誘導環境からの保護 |
| <p>ア 打上げ時の誘導環境 構造及び安全に関わる機器は、打上げ時における振動、加速度、音響、圧力等の誘導環境について、スペースシャトル搭載時の諸条件に耐えられること。</p> | <p>ア 打上げ時の誘導環境 JEM の構造・機器は、打上げ時の誘導環境に基づいてスペースシャトル内の JEM の搭載位置に応じた振動・加速度・音響・圧力等の諸条件に対して、構造破壊・劣化等を起こさないよう設計マージンが確保されている。</p> | <p>ア 打上げ時等の誘導環境 温度勾配炉ラックは、打上げ時の誘導環境に基づいて HTV 内の搭載位置に応じた振動・加速度・音響・圧力等の諸条件に対して、構造破壊・劣化等を起こさないよう、以下のように設計、検証されている。詳細は3項に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・剛性設計 ・強度設計 ・疲労強度設計 <p><関連ハザードレポート> RACK 1-1 構造破壊(8.2 項④) GHF-1 構造破壊(8.2 項④) WPP-8 構造破壊(8.2 項④)</p> | <p>ア 打上げ時等の誘導環境 多目的実験ラックは、打上げ時の誘導環境に基づいて HTV 内の搭載位置に応じた振動・加速度・音響・圧力等の諸条件に対して、構造破壊・劣化等を起こさないよう、以下のように設計、検証されている。詳細は3項に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・剛性設計 ・強度設計 ・疲労強度設計 <p><関連ハザードレポート> MULTI-RACK-01 構造破壊(8.2 項④)</p> |
| イ 軌道上の誘導環境 (ア)雰囲気空気 | イ 軌道上の誘導環境 ①雰囲気空気 | イ 軌道上の誘導環境 ①雰囲気空気 | イ 軌道上の誘導環境 ① 雰囲気空気 |

付表-1 基本指針に対する全体設計結果 (4/15)

| JEM 基本指針(平成 8 年) | 【参考】国際宇宙ステーションの日本の実験棟(JEM)の安全設計について (報告) (平成 11 年 7 月 7 日) | 温度勾配炉ラック安全検証結果 | 多目的実験ラック安全検証結果 |
|--|--|--|--|
| <p>酸素濃度、二酸化炭素濃度、一酸化炭素濃度、気圧等の環境については、宇宙ステーション本体の機能に依存するが、JEM においても異常を搭乗員に知らせること。 また、搭乗員の安全に影響を及ぼさないよう、温度、湿度及び気流を適切に制御するとともに、微生物及び微粒子を適切に除去すること。</p> | <p><関連ハザードレポート> NASDA-1JA/1J-0004 環境空気悪化(温度、湿度、空気組成)</p> | | |
| | <p>(ア)酸素等の濃度 JEM 内循環空気は、通常時、JEM と隣接するモジュール間に設置されたファンでの通風換気により ISS 本体に送られ、ISS 本体側で酸素分圧の制御、二酸化炭素・一酸化炭素等の除去が行われる。 これらの成分の監視は、ISS 本体において行われ、二酸化炭素・酸素分圧の異常等が検知された場合、ISS 内に警告・警報が発せられ、JEM 内の搭乗員にも知らされる。 JEM においては、与圧部(船内実験室)では供給側と排出側に各々1つのファンを設置しており、片側が停止しても JEM と隣接するモジュール間の通風換気が可能な設計となっている。補給部与圧区(船内保管室)では1つの循環ファンで与圧部(船内実験室)と通風換気しており、ファン停止時には与圧部(船内実験室)に退避する。 なお、与圧部(船内実験室)・補給部与圧区(船内保管室)のファンの故障は検知することができ、ファンの停止等により搭乗員に危険が及ぶ場合は、隣接するモジュールに退避する。</p> | <p>(ア)酸素等の濃度 温度勾配炉ラックに対しては該当機能がないため適用外とする。 参考:(JEMシステムでの制御方法) JEM 内空気は、ISS 本体側で酸素分圧の制御、二酸化炭素・有毒ガス等の除去が行われることを、ISS との ICD に規定されていることを確認した。 ISS 本体において二酸化炭素・酸素及び窒素分圧の異常等が検知された場合、ISS 内に警告・警報が発せられることを、ISS との ICD に規定されていることを確認した。ISS と JEM の警告・警報のインターフェースは、全体システム試験において、NASA 側の提供したシミュレータを用いて確認した。 JEM 与圧部(船内実験室)では ISS 本体からの空気の供給側と排出側に各々1つのファンを設置しており、片側が停止しても JEM と隣接するモジュール間の通風換気が可能な設計となっていることを通風量の測定により確認した。また、キャビン内には空気攪拌用のファンを有している。両ファン停止時には、クルー退避までは、CO2 濃度が危険なレベルにならないことを解析で確認している。 補給部与圧区(船内保管室)では1つの循環ファンで与圧部(船内実験室)との通風換気及びキャビン内部の空気循環を行っているが、地上からのモニタ、搭乗員の入室前確認及び滞在時間の制限等により、搭乗員に危険が及ばないようにしていることを確認している。 なお、火災発生時には消火剤として CO2 が噴霧される。この消火剤が放出された場合は、CO2 濃度が上昇するが、JEM 内の空気循環により一時的なものであることを確認している。</p> | <p>(ア)酸素等の濃度 多目的実験ラックに対しては該当機能がないため適用外とする。 同左</p> |
| | <p>(イ)気圧 軌道上運用で ISS の内圧は 1 気圧に維持され、平常時は ISS 本体から通風換気により JEM に空気が送られ、JEM 内の圧力及び空気成分が制御される。 通常運用時、JEM と ISS 本体を隔てるハッチは開放されており、JEM 内の急激な減圧は ISS 本体で検知され、JEM 内に警告・警報される。</p> | <p>(イ)気圧 温度勾配炉ラックにはガス供給・排気ラインがあり、安全上、減圧に対して 2 故障許容の設計としており、検査、試験等により確認している。 <関連ハザードレポート> ●RACK1-9 減圧による窒息(8.3 項①) ●GHF-13 減圧による窒息(8.3 項①) 参考:(JEMシステムでの制御方法) 軌道上運用で ISS の内圧は 1 気圧に維持される。 通常運用時、JEM と ISS 本体を隔てるハッチは開放されており、JEM 内の急激な減圧は ISS 本体で検知され、ISS 全体に警告・警報(警告音と警告灯)されることを、ISS との ICD に規定されていることを確認した。ISS と JEM の警告・警報のインターフェースは、全体システム試験において、NASA 側の提供したシミュレータを用いて確認した。</p> | <p>(イ)気圧 多目的実験ラックにはガス供給・排気ラインがあり、安全上、減圧に対して 2 故障許容の設計としており、検査、試験等により確認している。 <関連ハザードレポート> ◎MULTI-RACK-09 減圧による窒息(8.4 項①)</p> |
| | <p>(ウ)温度、湿度 JEM の温湿度は、独立した 2 台の空気調和装置によって制御され、1 台が停止しても、他の 1 台の運転により、温度・湿度を基準内に制御できる設計である(与圧部(船内実験室)内で温度 18.3~26.7℃、湿度 25~70%の範囲で設定可能)。</p> | <p>(ウ)温度、湿度 温度勾配炉ラックに対しては該当機能がないため適用外とする。 参考:(JEMシステムでの制御方法) JEM の温湿度は、独立した 2 台の空気調和装置によって制御され、1 台が停止しても、他の 1 台の運転により、温度・湿度を基準内に制御できる設計であることを、試験にて確認している。</p> | <p>(ウ)温度、湿度 多目的実験ラックに対しては該当機能がないため適用外とする。 同左</p> |
| | <p>(エ)気流等 JEM 内の搭乗員が滞在するキャビン内では、微小重力下において特定の場所に気体の滞留が生じないよう、ファン容量・回転数・ディフューザ仕様(形状・吹き出し面積・方向・絞り量等)を最適化して人工的に適切な空気流を発生させる。 なお、微粒子・微生物は、空気調和装置組み込みのフィルタ機能により、除去される。</p> | <p>(エ)気流等 温度勾配炉ラックに対しては該当機能がないため適用外とする。 参考:(JEMシステムでの制御方法) JEM 内の搭乗員が滞在するキャビン内では、微小重力下において特定の場所に気体の滞留が生じないよう、ファン容量・回転数・ディフューザ仕様(形状・吹き出し面積・方向・絞り量等)を最適化して人工的に適切な空気流を発生させる。与圧部(船内実験室)は、2 台の空気調和装置によりキャビン内の空気循環を行っている。無重力を考慮し、空気循環が適切であることを解析、及び可能な限り対流を抑えた空気循環試験をしている。また、両ファン停止時には、JEM と ISS 間の空気循環用ファンによる JEM 内の換気</p> | <p>(エ)気流等 多目的実験ラックに対しては該当機能がないため適用外とする。 同左</p> |

付表-1 基本指針に対する全体設計結果 (5/15)

| JEM 基本指針(平成 8 年) | 【参考】国際宇宙ステーションの日本の実験棟(JEM)の安全設計について (報告) (平成 11 年 7 月 7 日) | 温度勾配炉ラック安全検証結果 | 多目的実験ラック安全検証結果 |
|---|--|---|---|
| | | が最低限確保される設計となっているため、クルー退避までは、CO2 濃度が危険なレベルにならないことを解析にて確認している。 補給部与圧区(船内保管室)は、一個のキャビン空気循環ファンを持つ。ファン故障時は、JCP で検知し、クルーは退避する。また、現在想定されている補給部与圧区(船内保管室)内の運用では、CO2 濃度上昇に至らないことを確認している。 なお、微粒子・微生物を除去するため、空気調和装置に HEPAフィルタが装備されていることを確認している。 | |
| (イ)汚染 有害物質は、使用しないことを原則とするが、使用することが避け難い場合は、搭乗員の安全に影響を与えないこと。 なお、一旦発生したものの低減は、宇宙ステーション本体の機能に依存するが、大量の有害物質が発生した場合には、一旦与圧部(船内実験室)内の空気を JEM の外に排出すること。 | ②汚染 <関連ハザードレポート> NASDA-1JA/1J-003, NASDA-2JA-003 環境汚染空気 NASDA-ICS-0003 環境空気汚染 | ②汚染 | ②汚染 |
| | (ア)有害物質の放出防止 JEM においては、ISS 計画で規定された選定基準に従って使用する材料が選定されており、有毒・危険な化学物質・材料は使用されていない。 構造・内装・搭載機器等に使用される非金属からのオフガスについては、製造・試験段階で必要に応じて部品・機器・ラックレベルで、真空環境下での加熱によるガス抜きが行われ、オフガス発生量を ISS で設定される基準レベル内に抑える。 | (ア)有害物質の放出防止 温度勾配炉ラックは ISS 計画で規定された選定基準(JEM のポリウムを考慮して、各物質ごとの人体に対する許容量が定められている)に従って使用する材料が選定されていることを確認している。 温度勾配炉ラックに使用される非金属からのオフガスについては、必要に応じて部品・機器・ラックレベルでオフガス試験を実施し、オフガス発生量が ISS で設定される基準レベル内であることを確認している。 <関連ハザードレポート> RACK 1-2 環境空気汚染(オフガス)(8.2 項①) GHF-3 環境空気汚染(オフガス)(8.2 項①) WPP-5 環境空気汚染(オフガス)(8.2 項①) | (ア)有害物質の放出防止 多目的実験ラックは、ISS 計画で規定された選定基準(JEM のポリウムを考慮して、各物質ごとの人体に対する許容量が定められている)に従って使用する材料が選定されていることを確認している。 多目的実験ラックに使用される非金属からのオフガスについては、必要に応じて部品・機器・ラックレベルでオフガス試験を実施し、オフガス発生量が ISS で設定される基準レベル内であることを確認している。 <関連ハザードレポート> STD-MSPR-7 環境空気汚染(オフガス)(8.2 項①) |
| | (イ)制御 ISS 内では、搭乗員・実験動物からアンモニア等の代謝生成物が放出されるため、ISS 本体において搭乗員に影響を与えることが想定される放出物質の監視・警報発生・制御が行われる。 JEM の与圧部(船内実験室)内で汚染が発生し、緊急処置が必要となった場合、搭乗員は隣接するモジュールに避難し、ハッチを閉じる。 汚染を ISS 本体側で除去できない場合には、与圧部(船内実験室)内の空気を宇宙空間へ排出して汚染物質を除去する((3)軌道上環境の保全、6(1)汚染参照)。 | (イ)制御 実験中は汚染源の漏洩に対して、3重封入設計がとられており、カートリッジによる試料の封入、炉による封入、炉内を真空引きにすることによりキャビンとの差圧を立て、飛散を抑制している。 <関連ハザードレポート> ●GHF-4 環境空気汚染(実験試料ガス漏洩による空気汚染)(8.3 項②) | (イ)制御 実験中は汚染源の漏洩に対して、3重封入設計がとられており、ユーザ機器で1重封入、燃焼実験チャンバで2重封入設計としている。 <関連ハザードレポート> ◎MULTI-RACK-12 環境空気汚染(燃焼ガス漏洩による空気汚染)(8.4 項②) |
| (ウ)振動、音響、電磁波 JEM の機器が発生する振動、音響及び電磁波は、搭乗員及び安全に関わる機器に影響を与えないこと。 また、安全に関わる機器は、宇宙ステーションより発生するこれらの環境に十分耐えられること。 | ③振動、音響、電磁波 <関連ハザードレポート> NASDA-1JA/1J-0025, NASDA-2JA-0025 電磁干渉による機器誤動作 NASDA-ICS-0025 電磁干渉による機器誤動作 NASDA-ICS-0027 電波放射 | ③振動、音響、電磁波 | ③振動、音響、電磁波 |
| | (ア)振動 JEM システムの冷却水用ポンプ・真空排気用ポンプ・空調用ファン等の各種回転機器から発生する振動は、微小重力実験に影響を及ぼさないよう抑制されているため、人体・搭載機器に影響を与えるレベルではない。 ISS では、スペースシャトルのドッキング、ISS の軌道変更等から加速度が生じるが、打上げ時の振動環境に比べて小さく、搭乗員・JEM・搭載機器に影響を与えないと考えられる。 | (ア)振動 温度勾配炉ラックの冷却水用ポンプ・真空排気用ポンプ・空調用ファン等の各種回転機器から発生する振動は、人体・搭載機器に影響を与えるレベルではないことを解析、試験により確認している。 ISS では、ISS の軌道変更等から加速度が生じるが、これらの荷重に温度勾配炉ラックの構造が耐えることを解析にて確認している。なお、この荷重は、打上げ時の振動環境に比べて小さいことを確認しているため、温度勾配炉ラックに影響を与えない。 | (ア)振動 多目的実験ラックの排気用ポンプ・空調用ファン等の各種回転機器から発生する振動は、人体・搭載機器に影響を与えるレベルではないことを解析、試験により確認している。 ISS では、ISS の軌道変更等から加速度が生じるが、これらの荷重に多目的実験ラックの構造が耐えることを解析にて確認している。なお、この荷重は、打上げ時の振動環境に比べて小さいことを確認しているため、多目的実験ラックに影響を与えない。 |
| | (イ)音響 振動と同様に、真空排気用ポンプ・空調用ファン等の各種回転機器、空調ダクト、バルブ、ノズルから音響が発生するが、ISS 計画では、搭乗員に快適な環境を提供できるよう、騒音に対する設計基準が設定され、JEM にもこれを適用している。 | (イ)音響 温度勾配炉ラックの各種回転機器、空調ダクト、バルブ、ノズルから発生する騒音が、ISS 計画における騒音に対する設計基準以下であることを解析、試験にて確認している。 なお、全ての実験装置等を同時に作動させると、規定を満足しない恐れがあり、搭載装置全体としての設定基準を満足するために同時運用を制限する等の運用としている。 | (イ)音響 多目的実験ラックの各種回転機器、空調ダクト、バルブ、ノズルから発生する騒音が、ISS 計画における騒音に対する設計基準以下であることを解析、試験にて確認している。 なお、全ての実験装置等を同時に作動させると、規定を満足しない恐れがあり、搭載装置全体としての設定基準を満足するために同時運用を制限する等の運用としている。 |
| | (ウ)電磁波 ISS の各機器、地上レーダ、スペースシャトル、人工衛星等から電磁波が発生 | (ウ)電磁波 ISS 計画では、電磁干渉によって機器に誤動作等を引き起こさ | (ウ)電磁波 ISS 計画では、電磁干渉によって機器に誤動作等を引き起こさ |

付表-1 基本指針に対する全体設計結果 (6/15)

| JEM 基本指針(平成 8 年) | 【参考】国際宇宙ステーションの日本の実験棟(JEM)の安全設計について (報告) (平成 11 年 7 月 7 日) | 温度勾配炉ラック安全検証結果 | 多目的実験ラック安全検証結果 |
|---|---|---|---|
| | <p>するが、ISS 計画では、電磁干渉によって機器に誤動作等を引き起こさないよう、電磁波を生じる側と受ける側の双方に対して規定が設けられている。</p> <p>JEM にもこの規定が適用され、機器レベルからシステム全体にわたって、試験により電磁適合性(EMC)が確認される。</p> | <p>ないよう、電磁波を生じる側と受ける側の双方に対して規定が設けられている。</p> <p>温度勾配炉ラックにもこの規定が適用され、電磁適合性(EMC)試験により、誤動作等の問題が無いことを確認している。</p> <p><関連ハザードレポート> RACK 1-7 電磁干渉による機器の誤作動(8.2 項②) GHF-10 電磁干渉による機器の誤作動(8.2 項②) WPP-3 電磁干渉による機器の誤作動(8.2 項②)</p> | <p>ないよう、電磁波を生じる側と受ける側の双方に対して規定が設けられている。</p> <p>多目的実験ラックにもこの規定が適用され、電磁適合性(EMC)試験により、誤動作等の問題が無いことを確認している。</p> <p><関連ハザードレポート> STD-MSPR-8 電磁干渉による機器の誤作動(8.2 項②)</p> |
| <p>(3)軌道上環境等の保全 宇宙空間における不要な人工物体となるものの発生については、合理的に可能な限り抑制するように考慮すること。このため原則として、固体の廃棄物及び短時間に気化しない液体の廃棄物を軌道上に投棄しないこと。</p> | <p>3)軌道上環境等の保全 スペースデブリの発生は ISS に対するハザードとなるため、JEM は、構成要素・軌道上交換ユニット等の機器を不意に放出せず、固体の廃棄物及び短時間に気化しない液体の廃棄物を軌道上に投棄しないよう設計されている。</p> <p><関連ハザードレポート> NASDA-1JA/1J-0011 NASDA-2JA-0011 固定されていない機器との衝突(軌道上) NASDA-ICS-0011 固定されていない機器との衝突(軌道上)</p> | <p>(3)軌道上環境等の保全</p> <p>温度勾配炉ラックは、廃棄物は持ち帰るかあるいはHTVで投棄するため、軌道上で放出しなければならない固体または液体の廃棄物を持たない。</p> | <p>(3)軌道上環境等の保全</p> <p>多目的実験ラックは、廃棄物は持ち帰るかあるいはHTVで投棄するため、軌道上で放出しなければならない固体または液体の廃棄物を持たない。</p> |
| <p>5.構造 JEM の構造は、搭乗員及び搭載機器を宇宙環境から保護するとともに、安全に支持するため、十分な余裕度をもって設計・開発されなければならない。 このため、以下のような対策を講じる必要がある。</p> | <p>3.構造 搭乗員・搭載機器を宇宙環境から保護し、安全に支持するため、JEM の構造には、以下のような対策が講じられている。</p> | <p>3. 構造 搭乗員・搭載機器を宇宙環境から保護し、安全に支持するため、JEM の搭載機器である温度勾配炉ラックの構造には、以下のような対策が講じられていることを検証している。</p> | <p>3. 構造 搭乗員・搭載機器を宇宙環境から保護し、安全に支持するため、JEM の搭載機器である多目的実験ラックの構造には、以下のような対策が講じられていることを検証している。</p> |
| <p>(1)設計 不測の事態において一つの構造部材が損傷しても、搭乗員を危険な状態に陥らせないこと。 また、圧力容器(与圧部(船内実験室)構造体及び補給部与圧区(船内保管室)構造体を含む。))は、リークビフォアラプチャ又は安全寿命設計であること。</p> | <p>(1)設計 ア 構造設計</p> <p>①飛行荷重 打上げ・軌道上・帰還・着陸等の定常運用における全ての荷重モードに対し十分な剛性・静強度・疲労強度を持つよう設計され、その結果は解析及び強度試験によって検証され、十分な安全性を持つことが確認されている。</p> <p>②構造損傷 搭乗員の過失等の不測の原因により JEM の構成機器・ハネル等に構造損傷が生じた場合にも、JEM・搭乗員が直ちに危険な状態に陥ることのないよう、残りの構造で制限荷重まで耐える設計となっている。</p> | <p>(1)設計 ア 構造設計 具体的な設計内容は(2)剛性・強度の項に示す。</p> <p><関連ハザードレポート> RACK 1-1 構造破壊(8.2 項④) GHF-1 構造破壊(8.2 項④) WPP-8 構造破壊(8.2 項④)</p> | <p>(1)設計 ア 構造設計 具体的な設計内容は(2)剛性・強度の項に示す。</p> <p><関連ハザードレポート> MULTI-RACK-01 構造破壊(8.2 項④)</p> |
| | <p>イ 圧力容器の設計 与圧部(船内実験室)・補給部与圧区(船内保管室)構造を含む圧力容器は、破裂の危険性に対し十分な安全性を確保するため、次の対応が取られている。</p> <p>①最大設計圧力(MDP:Maximum Design Pressure) JEM は、MDP(ガスの漏洩、圧力リリーフ機能損失等、圧力上昇の原因として考えられる故障が 2 重に発生した時の最大の圧力)に安全率を掛けた圧力に対し、必要十分な強度を持たせた設計とされている。(安全率については(2)剛性・強度参照。)</p> <p>②リークビフォアラプチャ 破壊靱性値の高い材料と運用圧力における適切な応力を選ぶことにより、リークビフォアラプチャ設計(容器に許容値を超える長さの亀裂が発生した場合でも、亀裂が貫通してリークが発生することで圧力を下げ、破裂を起さない設計)としている。</p> <p><関連ハザードレポート> NASDA-1JA/1J-0006 与圧部(船内実験室)の破裂 NASDA-1JA/1J-0007 NASDA-2JA-0007 圧力システムの破裂 NASDA-1JA/1J-0008 負圧による構造破壊 NASDA-1JA/1J-0010 NASDA-2JA-0010 打上げ/上昇/下降時の荷重による構造破壊 NASDA-1JA/1J-0024 NASDA-2JA-0024 軌道上での荷重による構造破壊</p> <p>NASDA-ICS-0007 圧力システムの破裂 NASDA-ICS-0010 打上げ/上昇/下降時の荷重による構造破壊 NASDA-0024 軌道上での荷重による構造破壊</p> | <p>イ 圧力容器の設計</p> <p>①最大設計圧力(MDP:Maximum Design Pressure) 温度勾配炉ラックの圧力系機器は、MDP(ガスの漏洩、圧力リリーフ機能損失等、圧力上昇の原因として考えられる故障が 2 重に発生した時の最大の圧力)に対し、小径の配管・継ぎ手に対しては終極安全係数は 4.0、大径の配管・継ぎ手に対しては終極安全係数は 2.0、電気炉及び弁等の圧力機器に対しては 2.5 の安全率を適用した設計としている。また、MDP の 1.5 倍の圧力による耐圧試験により検証した。</p> <p>②リークビフォアラプチャ 温度勾配炉ラックはリリーフバルブを有しており、リークビフォアラプチャ設計となっている。</p> <p><関連ハザードレポート> RACK 1-4 圧力系の破裂(8.2 項③) WPP-10 圧力系の破裂(8.2 項③) ●GHF-7 炉体部/ガス配管の破裂 (8.2 項③, 8.3 項③)</p> | <p>イ 圧力容器の設計</p> <p>①最大設計圧力(MDP:Maximum Design Pressure) 多目的実験ラックの圧力系機器は、MDP(ガスの漏洩、圧力リリーフ機能損失等、圧力上昇の原因として考えられる故障が 2 重に発生した時の最大の圧力)に対し、配管・継ぎ手に対しては終極安全係数は 4.0、燃焼実験チャンバー及び弁等の圧力機器に対しては 2.5 の安全率を適用した設計としている。また、MDP の 1.5 倍の圧力による耐圧試験により検証した。</p> <p>②リークビフォアラプチャ 多目的実験ラックはリリーフバルブを有しており、リークビフォアラプチャ設計となっている。</p> <p><関連ハザードレポート> ●MULTI-RACK-07 燃焼実験チャンバー/ガス配管の破裂(8.4 項③)</p> |
| <p>(2)剛性及び強度 ア 剛性 JEM の構造は、打上げ時及び軌道上において想定される環境条件の下で、有害な変形を生じないこと。 また、スペースシャトル搭載時に要求される最低振動数要求</p> | <p>(2)剛性・強度 ア 剛性 ①有害な変形の防止 JEM には、スペースシャトルによる打上げ・着陸荷重と ISS のリブースト、ドッキング等による軌道上荷重が負荷されるため、運用中の最大荷重に対し、</p> | <p>(2)剛性・強度 ア 剛性 温度勾配炉ラックには、打ち上げ、ISS のリブースト等による軌道上荷重が負荷されるため、運用中の最大荷重または HTV との共振を考慮し、次の剛性を持つよう設計した。</p> | <p>(2)剛性・強度 ア 剛性 多目的実験ラックには、打ち上げ、ISS のリブースト等による軌道上荷重が負荷されるため、運用中の最大荷重または HTV との共振を考慮し、次の剛性を持つよう設計した。</p> |

付表-1 基本指針に対する全体設計結果 (7/15)

| JEM 基本指針(平成 8 年) | 【参考】国際宇宙ステーションの日本の実験棟(JEM)の安全設計について (報告) (平成 11 年 7 月 7 日) | 温度勾配炉ラック安全検証結果 | 多目的実験ラック安全検証結果 |
|---|--|--|---|
| を満足すること。 | 次の剛性を持つよう設計されている。 (ア)複合した環境条件の下で、結合部を含め構造物に有害な変形が生じない (イ)変形によって構体の隣接部品間等の接触・干渉を生じない ②有害な共振の防止 打上げ・着陸時、軌道上運用時において、JEM とスペースシャトル、JEM と ISS 間での共振により、過大な荷重が加わり、有害な変形・破壊を起こすことのないよう設計されている。 | (ア)複合した環境条件の下で、結合部を含め構造物に有害な変形が生じない (イ)変形によって構体の隣接部品間等の接触・干渉を生じない これらは、以下のように構造解析、試験で検証した。 温度勾配炉ラックについては、実機に対して構造数学モデルである構造検証モデルを解析に用いてモーダルサーベイ試験を実施し、ハードウェアとの相関性があることを確認した。実験装置については振動試験にて確認した。また、インタフェース荷重の検証として、設計の進捗に合わせて軌道上柔結合解析が行われており、JEMの構造設計の条件が包絡されていることを確認した。 <関連ハザードレポート> RACK 1-1 構造破壊(8.2 項④) GHF-1 構造破壊(8.2 項④) WPP-8 構造破壊(8.2 項④) | (ア)複合した環境条件の下で、結合部を含め構造物に有害な変形が生じない (イ)変形によって構体の隣接部品間等の接触・干渉を生じない これらは、以下のように構造解析、試験で検証した。 多目的実験ラックについては、実機に対して構造数学モデルである構造検証モデルを解析に用いてモーダルサーベイ試験を実施し、ハードウェアとの相関性があることを確認した。実験装置については振動試験にて確認した。また、インタフェース荷重の検証として、設計の進捗に合わせて軌道上柔結合解析が行われており、JEMの構造設計の条件が包絡されていることを確認した。 <関連ハザードレポート> MULTI-RACK-01 構造破壊(8.2 項④) |
| イ 静荷重強度 JEM の構造は、打上げ時及び軌道上において想定される最大の荷重に対して、十分な強度を有すること。 | イ 静荷重強度 JEM の構造は、JEM 飛行運用中の打上げ・着陸荷重、軌道上荷重の中で予想最大荷重である制限荷重に安全率(降伏・終極安全率)を乗じた降伏・終極荷重に対し、温度等を複合した環境条件の下で降伏・破壊を生じないよう設計されている。 | イ 静荷重強度 温度勾配炉ラックの構造は、当初シャトル打ち上げが計画されたため、打上げ、軌道上荷重の中で予想最大荷重である制限荷重に安全率(打ち上げ時に対しては降伏 1.1 倍・終極安全率 1.5 倍、軌道上荷重に対しては降伏 1.1 倍・終極安全率 1.5 倍)を乗じた降伏・終極荷重に対し、温度等を複合した環境条件の下で降伏・破壊を生じないよう設計している。 これらは、以下のように検証した。温度勾配炉ラックは、共通ラックとして構造解析を実施した。解析に使用した構造数学モデルは、構造検証モデルでモーダルサーベイ試験を実施し、ハードウェアとの相関性があることを確認した。またPFMモデルを用いて、上記検証を実施した。 打上げ機が HTV に変更になったことによる打上げ荷重に対する再評価は、安全率は打ち上げ時に対しては降伏 1.0 倍・終極安全率 1.25 倍で再評価している。追加検証として、PFT レベルでの音響試験を実施している。 <関連ハザードレポート> RACK 1-1 構造破壊(8.2 項④) GHF-1 構造破壊(8.2 項④) WPP-8 構造破壊(8.2 項④) | イ 静荷重強度 多目的実験ラックの構造は、打上げ、軌道上荷重の中で予想最大荷重である制限荷重に安全率(打ち上げ時に対しては降伏 1.0 倍・終極安全率 1.4 倍、軌道上荷重に対しては降伏 1.1 倍・終極安全率 1.5 倍)を乗じた降伏・終極荷重に対し、温度等を複合した環境条件の下で降伏・破壊を生じないよう設計している。 これらは、以下のように検証した。多目的実験ラックは、共通ラックとして構造解析を実施した。解析に使用した構造数学モデルは、構造検証モデルでモーダルサーベイ試験を実施し、ハードウェアとの相関性があることを確認した。またPFMモデルを用いて、上記検証を実施した。 なお、一部の機器は静荷重試験を実施しない代わりに、安全率を(降伏 1.5 倍=1.0×1.5(Non test factor)・終極安全率 1.875 倍=1.25×1.5(Non test factor))として解析検証を行った。 <関連ハザードレポート> MULTI-RACK-01 構造破壊(8.2 項④) |
| ウ 疲労強度 JEM の構造は、長期の運用に対して、十分な疲労寿命を有するか、又は疲労寿命に対する十分な余裕をもって交換できること。 | ウ 疲労強度 | ウ 疲労強度 <関連ハザードレポート> RACK 1-1 構造破壊(8.2 項④) GHF-1 構造破壊(8.2 項④) WPP-8 構造破壊(8.2 項④) | ウ 疲労強度 <関連ハザードレポート> MULTI-RACK-01 構造破壊(8.2 項④) |
| | ①寿命 JEM の計画運用期間は 10 年であるが、運用期間が延長された場合も考慮し、JEM の構造の設計寿命は、15 年と設定されている。 JEM の構造には安全寿命設計が適用され、機械的・熱的負荷サイクルに安全率を乗じた負荷サイクルを受けても構造破壊が生じないよう設計されている。 | ①寿命 温度勾配炉ラックの計画運用期間及び構造の設計寿命は、5 年と設定した。また、地上での試験・輸送等の荷重履歴を考慮した寿命を設定している。 | ①寿命 多目的実験ラックの計画運用期間及び構造の設計寿命は、5 年と設定した。また、地上での試験・輸送等の荷重履歴を考慮した寿命を設定している。 |
| | ②安全率 ISS 全体に対して寿命安全率 4.0 が共通要求事項であり、JEM にもこの要求事項を適用している。 | ②安全率 温度勾配炉ラックの構造には安全寿命設計が適用され、機械的・熱的負荷サイクルにISSの規定である安全率 4.0 を乗じた負荷サイクルを受けても構造破壊が生じないよう設計した。 | ②安全率 多目的実験ラックの構造には安全寿命設計が適用され、機械的・熱的負荷サイクルにISSの規定である安全率 4.0 を乗じた負荷サイクルを受けても構造破壊が生じないよう設計した。 |
| | ③疲労寿命の確認 その破損が、スペースシャトル・ISS・JEM・搭乗員に重大な影響を与える JEM の構造要素(フラクチャークリティカル・アイテム)は、非破壊検査を実施し、欠陥が許容される範囲内であることを確認することとなっている。 | ③疲労寿命の確認 設計寿命の検証として、その破損が、HTV・ISS・JEM・搭乗員に重大な影響を与える温度勾配炉ラックの構造要素(フラクチャークリティカル・アイテム)は、非破壊検査及び亀裂進展解析を実施し、欠陥が許容される範囲内であることを確認した。 | ③疲労寿命の確認 設計寿命の検証として、その破損が、HTV・ISS・JEM・搭乗員に重大な影響を与える多目的実験ラックの構造要素(フラクチャークリティカル・アイテム)は、非破壊検査及び亀裂進展解析を実施し、欠陥が許容される範囲内であることを確認した。 |
| (3)構成材料 構成材料については、可燃性、臭気・有害ガス発生、腐食、応力腐食割れ等の特性を十分考慮して使用すること。 | (3)構成材料 <関連ハザードレポート> NASDA-1JA/1J-0001 NASDA-2JA-0001 火災 NASDA-1JA/1J-0003 NASDA-2JA-0003 環境空気汚染 NASDA-1JA/1J-0007 NASDA-2JA-0007 圧力システムの破裂 NASDA-1JA/1J-0010 NASDA-2JA-0010 打上げ/上昇/下降時の荷重による構造破壊 NASDA-1JA/1J-0024 NASDA-2JA-0024 軌道上での荷重による構造破壊 NASDA-ICS-0001 火災 | (3)構成材料 | (3)構成材料 |

付表-1 基本指針に対する全体設計結果 (8/15)

| JEM 基本指針(平成 8 年) | 【参考】国際宇宙ステーションの日本の実験棟(JEM)の安全設計について (報告) (平成 11 年 7 月 7 日) | 温度勾配炉ラック安全検証結果 | 多目的実験ラック安全検証結果 |
|---|---|--|---|
| | NASDA-ICS-0003 環境空気汚染 NASDA-ICS-0007 圧力システムの破裂 NASDA-ICS-0010 打上げ/上昇/下降時の荷重による構造破壊 NASDA-ICS-0024 軌道上での荷重による構造破壊 | | |
| | ア 可燃性・ガス発生に対する考慮 火災防止、搭乗員の健康障害防止のため、与圧部(船内実験室)内の非金属材料には不燃性・難燃性で、ガスの発生が極めて少ない材料が使用されている。 | ア 可燃性・ガス発生に対する考慮 火災防止、搭乗員の健康障害防止のため、温度勾配炉ラックの非金属材料には難燃性で、ガスの発生が極めて少ない材料が基本的には使用されていることを確認している。これは、以下のようなISS共通の基準に従い選定し、使用されていることを、材料選定時の評価、組み付け時の検査にて確認している。なお、一部の供試体で可燃性実験材料を使用する場合があります、外部からの酸素流入防止のために封入すると共に、内部の電気機器からスパークが発生しない設計としており、検査及び試験により確認している。 ・可燃性：材料レベルでの可燃性試験において規定値以上の可燃伝播が生じない材料(実績の無い材料は、試験を行い評価している)であるか、機器に搭載された状態で機器筐体により火炎伝播が防止されるように使用される材料であること。 ・オフガス：JEMのポリウムを考慮して、各物質ごとに人体に対する許容量以下となるように、非金属材料の使用量を制限するか、機器レベル等でオフガス試験を実施して、ガス発生量が許容値以下であること。 ・電線・ケーブルについては、ISSの要求に従った被覆のされている部品を選定していることを部品リスト、実機検査により確認した。 <関連ハザードレポート> RACK 1-5 火災(可燃性材料の使用)(8.2 項⑤) GHF-8 火災(可燃性材料の使用)(8.2 項⑤) WPP-6 火災(可燃性材料の使用)(8.2 項⑤) <関連ハザードレポート> Rack1-6 電力系の損傷(8.2 項⑩)(不適切な電力線サイズによる火災) GHF-9 電力系の損傷(8.2 項⑩)(不適切な電力線サイズによる火災) WPP-2 電力系の損傷(8.2 項⑩)(不適切な電力線サイズによる火災) | ア 可燃性・ガス発生に対する考慮 火災防止、搭乗員の健康障害防止のため、多目的実験ラックの非金属材料には難燃性で、ガスの発生が極めて少ない材料が基本的には使用されていることを確認している。これは、以下のようなISS共通の基準に従い選定し、使用されていることを、材料選定時の評価、組み付け時の検査にて確認している。なお、一部の供試体で可燃性実験材料を使用する場合があります、外部からの酸素流入防止のために封入すると共に、内部の電気機器からスパークが発生しない設計としており、検査及び試験により確認している。 ・可燃性：材料レベルでの可燃性試験において規定値以上の可燃伝播が生じない材料(実績の無い材料は、試験を行い評価している)であるか、機器に搭載された状態で機器筐体により火炎伝播が防止されるように使用される材料であること。 ・オフガス：JEMのポリウムを考慮して、各物質ごとに人体に対する許容量以下となるように、非金属材料の使用量を制限するか、機器レベル等でオフガス試験を実施して、ガス発生量が許容値以下であること。 ・電線・ケーブルについては、ISSの要求に従った被覆のされている部品を選定していることを部品リスト、実機検査により確認した ・燃焼実験チャンバー内の火災の制御としてチャンバー内の酸素濃度を窒素希釈し、低酸素濃度環境にすることでチャンバー内に漏洩した燃料が燃えないようにする。ただし、この可燃限界酸素濃度は、燃料ごとに異なるため、ユーザ側にて実施される試験により設定される。また燃焼実験の燃料が高濃度酸素の使用も想定されることから、高濃度酸素と接触が想定される部位については、適合性解析を実施している。 <関連ハザードレポート> STD-MSPR-6 可燃性材料の使用(8.2 項⑤) ◎MULTI-RACK-13 燃焼実験チャンバー内の火災(8.4 項④) ◎MULTI-RACK-14 高濃度酸素の漏洩による火災(8.4 項⑤) <関連ハザードレポート> STD-MSPR-11 電力系の損傷(8.2 項⑩)(不適切な電力線サイズによる火災) |
| | イ 破壊靱性に対する考慮 テブリの衝突等によって不測の損傷を受けた場合でも致命的破壊に至らないよう、与圧部(船内実験室)外壁等は高い破壊靱性値を持つ構造部材が使用されている。 | イ 破壊靱性に対する考慮 温度勾配炉ラックに対しては該当機能がないため適用外とする。 | イ 破壊靱性に対する考慮 多目的実験ラックに対しては該当機能がないため適用外とする。 |
| | ウ その他の材料特性 宇宙環境と有人活動という特殊な条件の中で、材料劣化を防止するため、耐腐食性・耐応力腐食性・耐電食性等を考慮して JEM 構造材料が選定されている。 | ウ その他の材料特性 宇宙環境と有人活動という特殊な条件の中で、材料劣化を防止するため、耐腐食性・耐応力腐食性・耐電食性等を考慮して、過去の実績のある材料から選定するか、適切な表面処理をすること等の基準に従って、温度勾配炉ラックの構造材料が選定されていることを検査にて確認している。 <関連ハザードレポート> RACK 1-1 構造破壊(8.2 項④) GHF-1 構造破壊(8.2 項④) WPP-8 構造破壊(8.2 項④) | ウ その他の材料特性 宇宙環境と有人活動という特殊な条件の中で、材料劣化を防止するため、耐腐食性・耐応力腐食性・耐電食性等を考慮して、過去の実績のある材料から選定するか、適切な表面処理をすること等の基準に従って、多目的実験ラックの構造材料が選定されていることを検査にて確認している。燃焼実験チャンバーは、燃料供給系に高濃度酸素にも適合した系として設計しているため、特別に高濃度酸素との適合性評価を実施している。 <関連ハザードレポート> MULTI-RACK-01 構造破壊(8.2 項④) |
| 6.安全・開発保証 搭乗員の安全に影響を及ぼすシステムについては、安全性並びに安全性を確保するための信頼性、保全性及び品質保証を十分考慮しなければならない。このため、以下のような対策を講じる必要がある。 | 4.安全性・信頼性等 | 4. 安全性・信頼性等 | 4. 安全性・信頼性等 |

付表-1 基本指針に対する全体設計結果 (9/15)

| JEM 基本指針(平成 8 年) | 【参考】国際宇宙ステーションの日本の実験棟(JEM)の安全設計について (報告) (平成 11 年 7 月 7 日) | 温度勾配炉ラック安全検証結果 | 多目的実験ラック安全検証結果 |
|---|--|--|--|
| (1)安全性 安全に関わるシステムについては、適切な故障許容(誤操作を含む。)を確保すること。 | (1)安全性 ハザードが、システム・機器の故障・誤動作や搭乗員の誤操作に起因する場合には、原則としてフォールトトレランス(故障許容)設計がとられている。 ア ハザードの被害の度合いとフォールトトレランス数 原則として、各ハザードの被害の度合いに応じて次のフォールトトレランス設計とされている。 ①カタストロフィックハザード: 2フォールトトレランス(システム・機器の故障及び搭乗員の誤操作のいかなる 2 つの組み合わせによっても搭乗員に対する致命傷を引き起こさない設計) ②クリティカルハザード: 1フォールトトレランス(単一のシステム・機器の故障又は誤操作により搭乗員への傷害を引き起こさない設計) イ 冗長設計とインヒット設計 フォールトトレランス設計として、次の 2 つの手法がとられている。 ・ある機能の喪失が事故に到る場合 : 冗長設計 ・ある機能の意図しない動作が事故に到る場合 : インヒット設計 | (1) 安全性 温度勾配炉ラックは、左記に従い、安全性設計を行った。 | (1) 安全性 多目的実験ラックは、左記に従い、安全性設計を行った。 |
| (2)信頼性 ア システムの独立性 安全に関わるシステムについては、他のシステムの故障の影響を可能な限り受けないようにすること。 また、冗長系は、可能な限り互いに分離して配置すること。 | (2)信頼性 ア システムの独立性 電力・通信制御・熱制御・環境制御系統等の安全に関わるシステムは、1 系統が故障した場合でも他方の 1 系統のみで安全な運用を確保できるよう、各系統が冗長設計(並行運転又は待機冗長)され、かつ、冗長系の各要素は物理的に独立している。 また、火災・デブリ衝突等の損傷を想定しても 2 系統が同時に使用不能とならないよう、独立した 2 系統の主要機器は別々のラックに装着され、冗長機器の配置・リソース経路を分離し、故障の伝搬を防止するよう設計されている。 <関連ハザードレポート> 全般 | (2) 信頼性 ア システムの独立性 電力系については保護回路を設置し、地絡による過電流が生じても伝搬しない設計としている。 <関連ハザードレポート> Rack1-6 電力系の損傷(8.2 項⑩)(地絡による機器損傷) GHF-9 電力系の損傷(8.2 項⑩)(地絡による機器損傷) WPP-2 電力系の損傷(8.2 項⑩)(地絡による機器損傷) 【参考】 電力、通信制御、熱制御及び環境制御系統等の安全に関わるシステムについては、1 系統が故障した場合でも他方の 1 系統のみで安全な運用を確保できるように、各系統を冗長設計とし、かつ各要素を独立させた。各系統毎に冗長構成が取られていることを図面(回路図も含む)により確認し、それぞれの系の機能、独立性、冗長系への切替等については、機能試験により確認し、システムレベルにおいても機能試験を実施し確認した。 | (2) 信頼性 ア システムの独立性 電力系については保護回路を設置し、地絡による過電流が生じても伝搬しない設計としている。 <関連ハザードレポート> STD-MSPR-11 電力系の損傷(8.2 項⑩)(地絡による機器損傷) |
| イ 故障検知 安全に関わるシステムの故障は、可能な限り自動的に検知され、地上要員に通報されるとともに、緊急を要するもの等必要なものは、搭乗員にも通報されること。 | イ 故障検知 搭載する JEMコントロールプロセッサ(JCP)によって、各機器のセンサ等からのデータを周期的に収集し、JEM 内の故障を検出・同定して、所定の回復手順を自動的に実行することにより、必要最小限の JEM システム及び搭乗員の安全性を維持する機能(故障検知・分離・回復(FDIR)機能)を有している。 JCP の周期的診断や各個別制御装置の自己診断によって、処置を要する故障が検知された場合、故障機器が遮断され又は警告・警報が発せられ、処置が促される。 なお、JCP は自己診断機能を有しており、JCP 自体に処置を要する故障が検知された場合、待機冗長の JCP を自動的に立ち上げ、切り換える。 <関連ハザードレポート> 全般 | イ 故障検知 温度勾配炉ラックの故障検知機能はラック内部で実現し、温度勾配炉ラックの安全を維持していることを確認した。ただし、冷却水停止時には JEM からのコマンドによりラック電源遮断を行う。 なお、温度勾配炉ラックのハザード制御の一部は JEM の FDIR に依存している。 | イ 故障検知 多目的実験ラックの故障検知機能はラック内部で実現し、多目的実験ラックの安全を維持していることを確認した。ただし、冷却水停止時には JEM からのコマンドによりラック電源遮断を行う。 なお、多目的実験ラックのハザード制御の一部は JEM の FDIR に依存している。 |
| ウ 自律性の確保 安全に関わるシステムについては、地上管制が受けられない場合においても搭乗員の安全を確保すること。 | ウ 自律性の確保、自動機能に対するオーバーライド 地上管制との通信が途絶えた状態で、火災・減圧・汚染等の緊急事態が発生した場合には、軌道上搭乗員が地上に依存することなく、安全確保の処置を行う必要がある。 このため、安全に関わる JEM システムの自動制御機能は、軌道上の搭乗員、地上要員のいずれからのコマンドによっても安全側への制御を行うこと(オーバーライド)が可能とされている。 なお、意図せぬオーバーライド防止のため、オーバーライドコマンドは、搭乗員による独立な 2 つの動作が必要とされている。 <関連ハザードレポート> 全般 | ウ 自律性の確保、自動機能に対するオーバーライド 温度勾配炉ラックに対しては、緊急時にはクルーが電源を遮断できるスイッチを有している。 | ウ 自律性の確保、自動機能に対するオーバーライド 多目的実験ラックに対しては、緊急時にはクルーが電源を遮断できるスイッチを有している。 |
| エ 自動機能に対するオーバーライド 安全に関わるシステムの自動機能については、搭乗員及び地上操作によるオーバーライドができること。 | 上記に含む | 上記に含む | 上記に含む |
| (3)保全性 | (3)保全性 | | |

付表-1 基本指針に対する全体設計結果 (10/15)

| JEM 基本指針(平成 8 年) | 【参考】国際宇宙ステーションの日本の実験棟(JEM)の安全設計について (報告) (平成 11 年 7 月 7 日) | 温度勾配炉ラック安全検証結果 | 多目的実験ラック安全検証結果 |
|---|--|--|---|
| ア 機能中断の防止 安全上連続的に運用する必要のあるシステムは、重要な機能の中断なく保全できること。 | ISS の保全作業は、船内活動・船外活動・ロボットアーム操作により、基本的に軌道上交換ユニット(ORU)毎に機器・部品の交換が行われる。 ア 機能中断の防止 JEM の安全に関わるシステムは、冗長構成となっているため、保全時に 1 系統を停止させた場合でも、他系統で運転を行い、最低限の機能を確保しつつ、保全作業が可能である(2)信頼性参照。 <関連ハザードレポート> 全般 | (3) 保全性 保全作業は、基本的には軌道上交換ユニット(ORU)毎に行われ、打上げ前に地上で作業性、作業時間を確認するためにクルーによる評価も含めて、デモンストレーションを実施し作業の実効性を確認した。それぞれの ORU 毎に保全に必要な保全時間等のデータについては ORU データとしてまとめられている。 ア 機能中断の防止 温度勾配炉ラックに対しては該当機能がないため適用外とする。 | (3) 保全性 保全作業は、基本的には軌道上交換ユニット(ORU)毎に行われ、打上げ前に地上で作業性、作業時間を確認するためにクルーによる評価も含めて、デモンストレーションを実施し作業の実効性を確認した。それぞれの ORU 毎に保全に必要な保全時間等のデータについては ORU データとしてまとめられている。 ア 機能中断の防止 多目的実験ラックに対しては該当機能がないため適用外とする。 |
| イ 危険防止 保全作業については、船外活動の最小化、粉塵等の発生最小化、流体の放出の最小化、最適な防護措置等が行われること。 また、保全に伴う機器の取付け及び取外しは、安全かつ容易にできること。 | イ 危険防止 ①船外活動の最少化 搭乗員の船外活動を極力少なくするため、曝露部(船外実験ハレット)上面の機器の保全作業は、与圧部(船内実験室)内からマニピュレータを使用したロボティクス作業によって行われる。 | イ 危険防止 ① 船外活動の最小化 温度勾配炉ラックに対しては適用外である。 | イ 危険防止 ① 船外活動の最小化 多目的実験ラックに対しては適用外である。 |
| | ②粉塵等の発生の最少化 軌道上での保全作業では、粉塵等を発生する加工作業は行わない計画である。 | ② 粉塵等の発生の最少化 軌道上での保全計画に、粉塵を発生させるような加工作業を含んでいないことを確認した。さらに地上での組立、製造中に発生する可能性のある粉塵については、十分に洗浄、清掃することによって、軌道上での飛散を防いでいる。 また、与圧部内の浮遊する粉塵等の微粒子については、空気調和装置に取り付けられたフィルタ(HEPA フィルタ)により除去される。 | ② 粉塵等の発生の最少化 軌道上での保全計画に、粉塵を発生させるような加工作業を含んでいないことを確認した。さらに地上での組立、製造中に発生する可能性のある粉塵については、十分に洗浄、清掃することによって、軌道上での飛散を防いでいる。 また、与圧部内の浮遊する粉塵等の微粒子については、空気調和装置に取り付けられたフィルタ(HEPA フィルタ)により除去される。 |
| | ③流体放出の防止 保全時の流体の放出防止のため、熱制御系の水ループ機器等のインタフェースには、クイックディスコネクタ(QD)を使用している。 | ③ 流体放出の防止 流体放出に対しては、保全時の流体放出防止のため、熱制御系の水ループ機器等のインタフェースには、クイックディスコネクタ(QD)を使用していることを、図面、実機検査により確認した。 さらに、水ループに使用する配管等に流体適合性のある材料を選定し、2重シールを採用した。なお、2重シールが採用できない箇所については、信頼性のあるシールの使用、ラック充填冷却水の低減、ISS 冷却水系へのアキュムレータの結合時間の短縮によりリーク量の最小限化を図ると共に、試験等により確認した。 <関連ハザードレポート> RACK 1-4 圧カシステムの破裂(8.2 項③) WPP-10 圧カシステムの破裂(8.2 項③) ●GHF-7 炉体部ガス配管の破裂 (8.2 項③, 8.3 項③参照) | ③ 流体放出の防止 流体放出に対しては、保全時の流体放出防止のため、熱制御系の水ループ機器等のインタフェースには、クイックディスコネクタ(QD)を使用していることを、図面、実機検査により確認した。 さらに、水ループに使用する配管等に流体適合性のある材料を選定し、2重シールを採用した。なお、2重シールが採用できない箇所については、信頼性のあるシールの使用、ラック充填冷却水の低減、ISS 冷却水系へのアキュムレータの結合時間の短縮によりリーク量の最小限化を図ると共に、試験等により確認した。 <関連ハザードレポート> ◎MULTI-RACK-07 圧カシステムの破裂(8.4 項③) |
| | ④防護措置 保全作業時の安全を確保するため、露出表面温度が許容温度を超える箇所にはカバー、電気コネクタへの保護キャップ、鋭利端部への保護カバー等が設けられている。 | ④ 防護措置 保全作業時の安全を確保するため、通常露出している箇所のみならず、パネル内の接触する可能性のある機器に対しても、表面温度、鋭利端部、電撃に対するカバーの設置、接触可能性を実機検査により確認した。 また、パネル内機器に対して露出表面温度が許容温度を超える箇所については、熱解析結果による電源遮断後の冷却時間の設定、感電に対する適切な手順設定を実施することを確認した。 <関連ハザードレポート> RACK 1-10 高温部への接触(8.2 項⑨) WPP-9 高温部への接触(8.2 項⑨) GHF-12 高温部への接触(8.2 項⑨) <関連ハザードレポート> RACK 1-3 感電(32V 以上のコネクタの脱着) (8.2 項⑩) GHF-6 感電(32V 以上のコネクタの脱着) (8.2 項⑩) WPP-1 感電(32V 以上のコネクタの脱着) (8.2 項⑩) | ④ 防護措置 保全作業時の安全を確保するため、通常露出している箇所のみならず、パネル内の接触する可能性のある機器に対しても、表面温度、鋭利端部、電撃に対するカバーの設置、接触可能性を実機検査により確認した。 また、感電に対する適切な手順設定を実施することを確認した。 <関連ハザードレポート> MULTI-RACK-10 高温部への接触(8.2 項⑨) <関連ハザードレポート> MULTI-RACK-03 感電 (32V 以上のコネクタの脱着) (8.2 項⑩) |
| | ⑤機器取付け及び取外しでの安全 ORU が無重力状態でハンドレール、シートトラック、ベルクロ等を利用して一時的に固定して保管することができるなど、保全に伴う機器の取付け・取外しを安全かつ容易にする設計としている。 コネクタは、識別、結合・分離操作が容易にでき、誤った挿入・脱着ができない構造となっており、確実なロック機能を有している。 ORU 間の連結配管・ワイヤー・ケーブルは、取外し等のために長さに余裕を持たせている。 <関連ハザードレポート> NASDA-1JA/1J-0002 水の漏洩 NASDA-1JA/1J-0003 NASDA-2JA-0003 環境空気汚染 NASDA-1JA/1J-0011 NASDA-2JA-0011 固定されていない機器との | ⑤ 機器取付け及び取外しでの安全 ORU が無重力状態で浮遊することが無いように、ハンドレール、シートトラック、ベルクロ等を利用して一時的に固定して保管することができることを図面、実機検査、クルーによる評価を実施し確認した。また重量物のハンドリングについては、挟まれることが無いように、適切な手順を設定することを確認した。 保全時の作業については、十分な空間がある。ORU への電線・ケーブル等が取り外し等のために長さ、配置に問題のないことを、図面、実機確認、デモンストレーションにより確認した。 コネクタは、識別、着脱操作が容易にでき、誤った挿入ができないようにスクープブルーフタイプ(コネクタの先がある角度で他のコネクタのインサートの範囲に入り込んで接触を曲げることがない構造)のコネクタの使用、隣り合わせのコネクタに対し交換嵌 | ⑤ 機器取付け及び取外しでの安全 ORU が無重力状態で浮遊することが無いように、ハンドレール、シートトラック、ベルクロ等を利用して一時的に固定して保管することができることを図面、実機検査、クルーによる評価を実施し確認した。また重量物のハンドリングについては、挟まれることが無いように、適切な手順を設定することを確認した。 保全時の作業については、十分な空間がある。ORU への電線・ケーブル等が取り外し等のために長さ、配置に問題のないことを、図面、実機確認、デモンストレーションにより確認した。 コネクタは、識別、着脱操作が容易にでき、誤った挿入ができないようにスクープブルーフタイプ(コネクタの先がある角度で他のコネクタのインサートの範囲に入り込んで接触を曲げることがない構造)のコネクタの使用、隣り合わせのコネクタに対し交換嵌 |

付表-1 基本指針に対する全体設計結果 (11/15)

| JEM 基本指針(平成 8 年) | 【参考】国際宇宙ステーションの日本の実験棟(JEM)の安全設計について (報告) (平成 11 年 7 月 7 日) | 温度勾配炉ラック安全検証結果 | 多目的実験ラック安全検証結果 |
|---|--|--|--|
| | <p>衝突(軌道上) NASDA-1JA/1J-0016 NASDA-2JA-0016 感電 NASDA-1JA/1J-0017 NASDA-2JA-0017 接触面温度異常</p> <p>NASDA-ICS-0002 水の漏洩 NASDA-ICS-0003 環境空気汚染 NASDA-ICS-0011 固定されていない機器との衝突(軌道上) NASDA-ICS-0016 感電 NASDA-ICS-0017 接触面温度異常</p> | <p>合キー/キー溝を持ったタイプのコネクタを使用することを、部品リスト、実機検査により確認した。</p> <p><関連ハザードレポート> RACK 1-3 感電(32V 以上のコネクタの脱着) (8.2 項⑩) GHF-6 感電(32V 以上のコネクタの脱着) (8.2 項⑩) WPP-1 感電(32V 以上のコネクタの脱着) (8.2 項⑩)</p> | <p>合キー/キー溝を持ったタイプのコネクタを使用することを、部品リスト、実機検査により確認した。</p> <p><関連ハザードレポート> MULTI-RACK-03 感電 (32V 以上のコネクタの脱着) (8.2 項⑩)</p> |
| <p>(4)品質保証 安全に関わるシステムの機能、性能等を確認するため、製造管理及び十分な検証を行うとともに、その記録を保存すること。 また、JEM の安全確保に必要なデータは、その効率的蓄積・利用に資するために、問題報告・是正処置、部品情報、材料・工程情報等についてデータベース化を図ること。</p> | <p>(4)品質保証 安全の要求を含む、機能・性能等を満足していることを確認するため、部品・材料レベル、コンポーネントレベル、サブシステムレベル、システムレベルの各段階において、試験・解析・検査・デモンストレーションにより十分な検証が実施されることとなっている。 また、JEMシステムの構成部品が仕様書の要求に合致していることを確認するため、製造工程が管理され、製造時に得られたデータを含む製造作業の記録が保存される。</p> <p>なお、これらのデータのうち、次の安全確保に必要なデータの効率的な蓄積・利用を図るため、データベース化を目的として JEM S&PAデータ交換システム(SPADEシステム)が構築されている。 ・JEM 問題報告及び是正処置データ ・JEM 材料及び工程技術データ ・JEM 電気、電子、電気機械(EEE)部品データ ・JEM FMEA/クリティカルアイテムリスト(CIL)データ ・JEM ORUデータ ・JEM ハザード関連データ(ハザードレポート)</p> | <p>(4) 品質保証 安全の要求を含む、機能・性能等を満足していることを確認するため、部品・材料レベル、コンポーネントレベル、サブシステムレベル、システムレベルの各段階において、試験・解析・検査・デモンストレーションによる検証を実施し、各設計段階において、審査会等を開催し、各種記録類、解析書、試験データ、評価結果等のエビデンスの確認を通して、検証の妥当性を確認した。 また、温度勾配炉ラックシステムの構成部品が仕様書の要求に合致していることを確認するため、製造会社において製造工程が管理され、製造時に得られたデータを含む製造作業の記録が温度勾配炉ラックの運用期間中保存されている。さらに宇宙航空研究開発機構では、審査、監査等を行い、製造会社におけるデータ管理等の確認を実施してきた。</p> <p>なお、これらのデータのうち、次の安全確保に必要なデータの効率的な蓄積・利用を図るため、データベース化を目的として JEM S&PA データ交換システム (SPADE システム)を構築し、データの入力を行っている。現在、ペイロード関連として約 1000 件程度のデータがまとめられており、関係者によるデータ検索、閲覧が可能である。 ・デビエーション・ウェイバリスト ・材料及び工程技術データ ・電気、電子、電気機械 (EEE) 部品データ ・MIUL,MUA データ ・安全審査議事録、アクションアイテム ・ペイロード SAR (ハザードレポート)</p> | <p>(4) 品質保証 安全の要求を含む、機能・性能等を満足していることを確認するため、部品・材料レベル、コンポーネントレベル、サブシステムレベル、システムレベルの各段階において、試験・解析・検査・デモンストレーションによる検証を実施し、各設計段階において、審査会等を開催し、各種記録類、解析書、試験データ、評価結果等のエビデンスの確認を通して、検証の妥当性を確認した。 また、多目的実験ラックシステムの構成部品が仕様書の要求に合致していることを確認するため、製造会社において製造工程が管理され、製造時に得られたデータを含む製造作業の記録が多目的実験ラックの運用期間中保存されている。さらに宇宙航空研究開発機構では、審査、監査等を行い、製造会社におけるデータ管理等の確認を実施してきた。</p> <p>なお、これらのデータのうち、次の安全確保に必要なデータの効率的な蓄積・利用を図るため、データベース化を目的として JEM S&PA データ交換システム (SPADE システム)を構築し、データの入力を行っている。現在、ペイロード関連として約 1000 件程度のデータがまとめられており、関係者によるデータ検索、閲覧が可能である。 ・デビエーション・ウェイバリスト ・材料及び工程技術データ ・電気、電子、電気機械 (EEE) 部品データ ・MIUL,MUA データ ・安全審査議事録、アクションアイテム ・ペイロード SAR (ハザードレポート)</p> |
| <p>7.人間・機械系設計 JEM は、我が国初めての本格的な有人宇宙活動を提供する場であり、安全確保を図る上で人的要因を十分考慮しなければならない。このため、以下のような対策を講じる必要がある。</p> | <p>5.人間・機械インタフェース設計</p> | <p>5. 人間・機械インタフェース設計</p> | <p>5. 人間・機械インタフェース設計</p> |
| <p>(1)搭乗員の保護 搭乗員が触れる可能性のある部分は、適切な丸みを持たせるとともに、破損しても破片が飛散しないようにするなど、外傷、火傷、感電等が生じないようにすること。 また、足部固定具、取っ手等は、荷重に十分耐えられること。</p> | <p>(1)搭乗員の保護 構体・機器による外傷・火傷・感電等の傷害から JEM 内の搭乗員を保護するため、以下の対策が講じられている。</p> <p><関連ハザードレポート> NASDA-1JA/1J-0013 NASDA-2JA-0013 回転機器への接触又は回転機器破損による破片の衝突 NASDA-1JA/1J-0016 NASDA-2JA-0016 感電 NASDA-1JA/1J-0017 NASDA-2JA-0017 接触面温度異常 NASDA-1JA/1J-0018 NASDA-2JA-0018 鋭利端部及び突起物 NASDA-1JA/1J-0019 NASDA-2JA-0019 切断/挟み込み NASDA-1JA/1J-0026 NASDA-2JA-0029 不適切な船外活動(EVA)移動支援具</p> <p>NASDA-ICS-0016 感電 NASDA-ICS-0017 接触面温度異常 NASDA-ICS-0018 鋭利端部及び突起物 NASDA-ICS-0019 切断/挟み込み</p> | <p>(1) 搭乗員の保護 構体・機器による外傷・火傷・感電等の傷害から搭乗員を保護するため、以下の対策を講じた。</p> | <p>(1) 搭乗員の保護 構体・機器による外傷・火傷・感電等の傷害から搭乗員を保護するため、以下の対策を講じた。</p> |
| | <p>ア 外傷の防止 ①回転機器に対する防護 ファン、ポンプ等の回転機器は、ハウジング等により覆い、不意の接触による外傷の防止が図られている。 また、回転機器自体は、破壊した場合、破片が飛び散らないよう、安全化設計が行われている。</p> | <p>ア 外傷の防止 ① 回転機器に対する防護 温度勾配炉ラックに使用されているファン、ポンプ等の回転機器は、搭乗員が不意に接触しないように、ハウジングにより覆われていること、またはドアを開けるまでは電源が切られていることを、設計図面、製造図面、フライトハードウェアの検査を行い、確実にハウジングにより接触防止がなされていることを確認した。 また、ファン等の回転部位については、破壊し飛び散ることが無いように、使用材料の選定、寿命試験により確認、回転数制御されることを機能試験により確認した。</p> <p><関連ハザードレポート> GHF-2 回転機器の飛散(8.2 項⑥) WPP-7 回転機器の飛散(8.2 項⑥)</p> | <p>ア 外傷の防止 ① 回転機器に対する防護 多目的実験ラックに使用されているファン、循環ポンプ等の回転機器は、搭乗員が不意に接触しないように、ハウジングにより覆われていることを、設計図面、製造図面、フライトハードウェアの検査を行い、確実にハウジングにより接触防止がなされていることを確認した。 また、ファン等の回転部位については、破壊し飛び散ることが無いように、使用材料の選定、寿命試験により確認、回転数制御されることを機能試験により確認した。</p> <p><関連ハザードレポート> STD-MSPR-13 回転機器の飛散(8.2 項⑥)</p> |

付表-1 基本指針に対する全体設計結果 (12/15)

| JEM 基本指針(平成 8 年) | 【参考】国際宇宙ステーションの日本の実験棟(JEM)の安全設計について (報告) (平成 11 年 7 月 7 日) | 温度勾配炉ラック安全検証結果 | 多目的実験ラック安全検証結果 |
|------------------|--|---|---|
| | <p>②鋭利端部・突起物に対する防護 ISS の要求値に従って、構造・装置の角・鋭利端部に丸みを持たせる等の処置が行われ、性能の維持等のため取り除けない鋭利端部・突起物にはカバー等適切な保護が施されている。</p> | <p>② 鋭利端部・突起物に対する防護 搭乗員が接触する可能性のある温度勾配炉ラックの構造・装置については、ISS 共通の安全要求に従って、角・鋭利端部に丸みを持たせる設計が行われており、設計図面、製造図面に反映され、製造中に発生する可能性のあるバリ等の有無も含めて最終的にフライトハードウェアに対し、目視、触診、R ゲージ等による検査を行い搭乗員に対する保護を確認した。また保護カバーが設置されていることを図面、実機検査により確認した。さらに、クルーによるアクセスの方法については、搭乗員の手順書へ反映されることを確認した。</p> <p><関連ハザードレポート> RACK 1-8 鋭利な端部、突起物への接触(8.2 項⑦) GHF-11 鋭利な端部、突起物への接触(8.2 項⑦) WPP-4 鋭利な端部、突起物への接触(8.2 項⑦) GHF-5 ガラス破損(8.2 項⑧)</p> | <p>② 鋭利端部・突起物に対する防護 搭乗員が接触する可能性のある多目的実験ラックの構造・装置については、ISS 共通の安全要求に従って、角・鋭利端部に丸みを持たせる設計が行われており、設計図面、製造図面に反映され、製造中に発生する可能性のあるバリ等の有無も含めて最終的にフライトハードウェアに対し、目視、触診、R ゲージ等による検査を行い搭乗員に対する保護を確認した。さらに、クルーによるアクセスの方法については、搭乗員の手順書へ反映されることを確認した。</p> <p><関連ハザードレポート> STD-MSPR-4 鋭利端部、突起物への接触(8.2 項⑦)</p> |
| | <p>③巻き込み・挟み込みに対する防護 機器は搭乗員が引っかかることのないような配置・大きさ・形状を考慮した設計とされ、ハッチ等搭乗員が挟まれる可能性のある機構は、警告表示により注意喚起されている。 さらに、可動部を持つ機器は、不意に稼働しないようにインピットが設けられているとともに、緊急停止が可能な設計となっている。</p> | <p>③ 巻き込み・挟み込みに対する防護 搭乗員が触れる可能性のある機器については、引っかかることのないように、ISS 共通の安全要求に従って、穴、すきまに対する設計が行われており、設計図面、製造図面に反映され、最終的にフライトハードウェアに対する検査を行い搭乗員に対する保護を確認した。 また、ラックの HTV からきぼう内への移送時については、ハンドリングを考慮して、シートラック、ハンドレールが取り付けられており、また、隙間等で搭乗員が挟まれる可能性のある箇所については、緩衝材を入れる等の処置が行われている。 また搭乗員による試料交換時については試料交換機構の不意の動作がないように電源遮断をすることが手順に盛り込まれることを確認した。ただし、チェックアウトにて予定している試料自動交換機構(SCAM)回転動作のビデオ撮影時に、SCAM Door のインターロックを解除する作業に対しては、てクルーが SCAM に接触しないことを運用制御とし、手順が運用制御合意文書に規定されていることを確認した。</p> <p><関連ハザードレポート> GHF-Checkout-1 回転機器への巻き込み(8.2 項⑦)</p> | <p>③ 巻き込み・挟み込みに対する防護 搭乗員が触れる可能性のある機器については、引っかかることのないように、ISS 共通の安全要求に従って、穴、すきまに対する設計が行われており、設計図面、製造図面に反映され、最終的にフライトハードウェアに対する検査を行い搭乗員に対する保護を確認した。 また、ラックの HTV からきぼう内への移送時については、ハンドリングを考慮して、シートラック、ハンドレールが取り付けられており、また、隙間等で搭乗員が挟まれる可能性のある箇所については、緩衝材を入れる等の処置が行われている。</p> |
| | <p>イ 火傷の防止 露出部の表面は、火傷や凍傷を生じない温度範囲(与圧区域内にあり連続的な接触のある箇所の温度は 4℃~45℃)となるように設計され、この温度範囲を超える機器は、ラックパネル、クローズアウトパネル等により直接の接触を防止し、又は警告レベルにより搭乗員の注意を喚起する。</p> | <p>イ 火傷の防止 露出部の表面は、火傷や凍傷を生じない温度範囲(温度勾配炉ラックは与圧区域内にあり連続的な接触のある箇所の温度は-18℃~49℃)にあることを熱解析により確認した。ラックパネル、クローズアウトパネル内にあり直接接触しない部位についても保全時に搭乗員のアクセスを考慮して、熱解析を実施し、温度範囲内にあることを確認した。さらに温度要求を超える箇所についても熱解析結果から得られた冷却時間により軌道上手順書に反映されることを確認した。 実験終了後の試料取り出しについては、自動ドアロック機能を有し、さらに地上において炉の温度をモニタすることにより試料交換の可否を知らせる手順とする。</p> <p><関連ハザードレポート> RACK 1-10 高温部への接触(8.2 項⑨) WPP-9 高温部への接触(8.2 項⑨) GHF-12 高温部への接触(8.2 項⑨)</p> | <p>イ 火傷の防止 露出部の表面は、火傷や凍傷を生じない温度範囲(多目的実験ラックは与圧区域内にあり連続的な接触のある箇所の温度は-18℃~49℃)にあることを熱解析により確認した。ラックパネル、クローズアウトパネル内にあり直接接触しない部位についても保全時に搭乗員のアクセスを考慮して、熱解析を実施し、温度範囲内にあることを確認した。</p> <p><関連ハザードレポート> MULTI-RACK-10 高温部への接触(8.2 項⑨)</p> |
| | <p>ウ 感電の防止 電気設備は、短絡・接続不良等による漏電を防止するため、電力リード線・接点・端子・コンデンサ等の露出を避け、また、電気機器は、感電を防止するための適切なボンディング・接地・絶縁が行われている。 電力ラインのコネクタは、搭乗員による装脱着時の感電等の防止のため、コネクタ上流に電流遮断機能をもたせるとともに、ピンが露出しないタイプのコネクタの採用、コネクタの接地の確保が行われている。 船外活動による電力ラインのコネクタは、熔融金属(Molten Metal)の飛散による宇宙服への損傷を防止する観点から、コネクタ上流に電流遮断機能をもたせており、軌道上での手順書への遮断手順の反映を図面、解析、機能試験により確認した。コネクタは、上流側にはソケットタイプの使用、スクープブルータイプの使用、着脱時にピンが露出しないようにハウジングをもったタイプのコネクタの使用、コネクタの適切な接地を部品リスト、図面、実機確認により確認した。</p> | <p>ウ 感電の防止 電力ラインについては、短絡・接続不良等による漏電を防止するため、電力リード線・接点・端子・コンデンサ等が露出していないことを実機検査にて確認した。電線・ケーブルについては、ISS の要求に従った被覆のされている部品を選定していることを部品リスト、実機検査により確認した。また、電気機器の接地が行われていることを確認するために、ハードウェアに対して絶縁抵抗試験、ボンディング・グランディング抵抗測定を実施した。 電力ラインのコネクタは、搭乗員による着脱時の感電防止のため、コネクタ上流に電流遮断機能をもたせており、軌道上での手順書への遮断手順の反映を図面、解析、機能試験により確認した。コネクタは、上流側にはソケットタイプの使用、スクープブルータイプの使用、着脱時にピンが露出しないようにハウジングをもったタイプのコネクタの使用、コネクタの適切な接地を部品リスト、図面、実機確認により確認した。</p> <p><関連ハザードレポート></p> | <p>ウ 感電の防止 電力ラインについては、短絡・接続不良等による漏電を防止するため、電力リード線・接点・端子・コンデンサ等が露出していないことを実機検査にて確認した。電線・ケーブルについては、ISS の要求に従った被覆のされている部品を選定していることを部品リスト、実機検査により確認した。また、電気機器の接地が行われていることを確認するために、ハードウェアに対して絶縁抵抗試験、ボンディング・グランディング抵抗測定を実施した。 電力ラインのコネクタは、搭乗員による着脱時の感電防止のため、コネクタ上流に電流遮断機能をもたせており、軌道上での手順書への遮断手順の反映を図面、解析、機能試験により確認した。コネクタは、上流側にはソケットタイプの使用、スクープブルータイプの使用、着脱時にピンが露出しないようにハウジングをもったタイプのコネクタの使用、コネクタの適切な接地を部品リスト、図面、実機確認により確認した。</p> |

付表-1 基本指針に対する全体設計結果 (13/15)

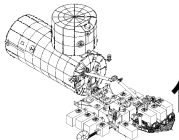
| JEM 基本指針(平成 8 年) | 【参考】国際宇宙ステーションの日本の実験棟(JEM)の安全設計について (報告) (平成 11 年 7 月 7 日) | 温度勾配炉ラック安全検証結果 | 多目的実験ラック安全検証結果 |
|--|--|---|--|
| | | Rack1-6 電力系の損傷(8.2 項⑩)(地絡による感電) GHF-9 電力系の損傷(8.2 項⑩)(地絡による感電) WPP-2 電力系の損傷(8.2 項⑩)(地絡による感電) <関連ハザードレポート> RACK 1-3 感電(32V 以上のコネクタの脱着) (8.2 項⑪) GHF-6 感電(32V 以上のコネクタの脱着) (8.2 項⑪) WPP-1 感電(32V 以上のコネクタの脱着) (8.2 項⑪) | <関連ハザードレポート> STD-MSPR-11 電力系の損傷(8.2 項⑩)(地絡による感電) <関連ハザードレポート> STD-MSPR-9 バッテリー破損(8.2 項⑪) STD-MSPR-14 感電(32V 未満のコネクタの脱着) (8.2 項⑪) MULTI-RACK-03 感電(32V 以上のコネクタの脱着) (8.2 項⑪) |
| | エ 作業等の安全 足部固定具(フットレスト)、取っ手(ハンドル)等の移動支援具は、荷重に十分耐えられるように適切な安全率(1.5)を持った構造設計が行われ、搭乗員の移動・作業場所を考慮した適切な位置に配置されている。 | エ 作業等の安全 搭乗員の移動支援具は、シートトラックに足部固定具(フットレスト)を取っ手(ハンドル)が取り付けられるようになっていたことを図面、実機検査により確認した。 配置については、搭乗員の移動・作業場所を考慮した設計となっていることを、図面、実機検査により配置妥当性確認を行った。 また、支援具は搭乗員による荷重に十分耐えられるように安全率 1.5 以上を持つことを強度解析による確認した。 | エ 作業等の安全 搭乗員の移動支援具は、シートトラックに足部固定具(フットレスト)を取っ手(ハンドル)が取り付けられるようになっていたことを図面、実機検査により確認した。 配置については、搭乗員の移動・作業場所を考慮した設計となっていることを、図面、実機検査により配置妥当性確認を行った。 また、支援具は搭乗員による荷重に十分耐えられるように安全率 1.5 以上を持つことを強度解析による確認した。 |
| (2)誤操作等の防止 安全に関わるシステムについては、搭乗員の負担を軽減するとともに、誤操作及び操作忘れの発生を防止するため、可能な限り自動化すること。 また、JEM の内部装飾、機器の操作手順、視野等については、誤操作等の生じにくいよう十分配慮すること。 | (2)誤操作の防止 <関連ハザードレポート> 全般 | (2) 誤操作の防止 搭乗員の誤操作及び操作忘れを防止するため、温度勾配炉ラックは搭乗員とのインタフェースを十分確保した設計を行った。 | (2) 誤操作の防止 搭乗員の誤操作及び操作忘れを防止するため、多目的実験ラックは搭乗員とのインタフェースを十分確保した設計を行った。 |
| | ア 自動化 搭乗員の誤操作・操作忘れの防止などのため、JEMRMS(ロボットアーム)コンソール電源投入時のアヒオクスファン・煙検知器の自動的始動等、可能な限りの自動化が図られている。 | ア 自動化 誤操作の発生を低減するとともに、搭乗員の負担を軽減することにより、誤操作が発生する可能性を少なくするように試料設置後以降の操作は自動化が図られている。 | ア 自動化 多目的実験ラックについてはマニュアル操作によって燃料の供給や排気等のシステムを運用する。ただし、誤操作の発生を低減するとともに、搭乗員の負担を軽減することにより、誤操作が発生する可能性を少なくするように実験時の一部の操作は自動化が図られている。 |
| | イ 内部装飾 搭乗員の誤認を避けるため、室内の装飾、銘板、ラベル、マーキングに対し、次のような配慮がなされている。 ①JEM の内部装飾全体は、搭乗員に上下左右の方向感覚を持たせるような設計とされている。 ②配線束・流体配管は、両端及び 1m(非与圧領域は 5m)間隔でその機能が識別でき、また、ハルアの開閉状態が容易に確認できるようにされている。 ③データ表示・操作手順表示・マーキングは、英語又は国際標準シンボルを使用し、日本語等他の言語を使用する場合には、並記することとされている。 | イ 内部装飾 ①温度勾配炉ラックに対しては該当機能がないため適用外とする。 ② 配線束、流体配管は、その機能が識別できるようラベル、マーキングされていることを実機検査により確認した。 ③データ表示、操作手順表示及びマーキングについては、英語又は国際標準シンボルを使用した表記がされていることを図面、実機検査により確認した。 | イ 内部装飾 ①多目的実験ラックに対しては該当機能がないため適用外とする。 ② 配線束、流体配管は、その機能が識別できるようラベル、マーキングされていることを実機検査により確認した。 ③データ表示、操作手順表示及びマーキングについては、英語又は国際標準シンボルを使用した表記がされていることを図面、実機検査により確認した。 |
| | ウ 機器の操作手順 ①ハザードを発現させる可能性のあるコマンド(ハザード・コマンド)は、搭乗員又は地上要員が安全のための必要条件を満足していることを確認した後、発信されることとなっている。 ②安全上重要なシステム・装置は、独立したインヒビットにより保護されている。 | ウ 機器の操作手順 ①ハザード・コマンド(ハザード制御に関連するコマンド)については、搭乗員又は地上要員が安全のための必要条件を満足していることを確認した後、コマンドを発信することを、試験、手順への反映により確認した。 ②安全上重要なシステム・装置については、独立したインヒビットが設定されていることを、機能試験により確認した。また、それぞれのインヒビットの確認については、手順に反映されることを確認した。 | ウ 機器の操作手順 ①ハザード・コマンド(ハザード制御に関連するコマンド)については、搭乗員又は地上要員が安全のための必要条件を満足していることを確認した後、コマンドを発信することを、試験、手順への反映により確認した。 ②安全上重要なシステム・装置については、独立したインヒビットが設定されていることを、機能試験により確認した。また、それぞれのインヒビットの確認については、手順に反映されることを確認した。 |
| | エ 視野等 ①JEMRMS(ロボットアーム)によるペイロード等の受け渡しは、搭乗員が JEM 与圧部(船内実験室)内の JEMRMS(ロボットアーム)コンソールの TVカメラ、モニターを通して確認しながら遠隔操作で行われる。 ②搭乗員の作業面では、作業・操作・表示機器確認に支障がないように十分な照明(特に規定がない限り、白色光で 108Lux 以上)が確保されている。 | エ 視野等 温度勾配炉ラックに対しては該当機能がないため適用外とする。 | エ 視野等 多目的実験ラックに対しては該当機能がないため適用外とする。 |
| (3)共通化 安全に関わるシステムについては、可能な限り国際的に共通化を図ること。 | (3)共通化 ISS 全体の安全に関わる JEM の構成要素(ハードウェア・ソフトウェア・インタフェース)は、ISS 構成要素との間で共通化(全く同一であること)、標準化(設計標準、設計基準等を適用すること)が図られている。 この共通化・標準化には、次のとおり、特に直接搭乗員の安全に関わる表示・警告・警報の統一、避難・非常操作・緊急処置等に関わる手順・対応の統一、安全確保の面から重要な保全方法の統一が重点的に含まれている。 ①警告・警報等 | (3) 共通化 ISS 全体の安全に関わる 温度勾配炉ラックの構成要素(ハードウェア・ソフトウェア・インタフェース)は、原則として ISS 構成要素との間で共通化(全く同一であること)、標準化(設計標準、設計基準等を適用すること)がされていることを確認した。 なお、これらの中で、海外から調達を行った機器等については、機器単体で行われた安全解析結果を確認するとともに、インタフェース仕様書に規定された条件を考慮し、実装され、JEM に組み込んだ後の機能試験、性能試験等を実施し、確認をした。 | (3) 共通化 ISS 全体の安全に関わる多目的実験ラックの構成要素(ハードウェア・ソフトウェア・インタフェース)は、原則として ISS 構成要素との間で共通化(全く同一であること)、標準化(設計標準、設計基準等を適用すること)がされていることを確認した。 なお、これらの中で、海外から調達を行った機器等については、機器単体で行われた安全解析結果を確認するとともに、インタフェース仕様書に規定された条件を考慮し、実装され、JEM に組み込んだ後の機能試験、性能試験等を実施し、確認をした。 |

付表-1 基本指針に対する全体設計結果 (14/15)

| JEM 基本指針(平成 8 年) | 【参考】国際宇宙ステーションの日本の実験棟(JEM)の安全設計について (報告) (平成 11 年 7 月 7 日) | 温度勾配炉ラック安全検証結果 | 多目的実験ラック安全検証結果 |
|--|---|--|--|
| | <p>共通化:音声端末、警告・警報パネル、ラベル、マーキング 標準化:警報のクラス分け ②火災検知/消火システム 共通化:煙センサ、可搬式消火器 ③マニピュレータ(ロボティクス) 共通化:親アームの被把持部、把持機構、ハンドコントローラ、ラップトップコンピュータ(ハードウェアのみ) 標準化:ラップトップコンピュータの表示 ④その他 共通化:ハッチ、ハンドレール、足部固定具、窓組立 等 標準化:配管・配線等識別用シール、銘板 等</p> <p><関連ハザードレポート> 全般</p> | | |
| <p>8.緊急対策 火災、減圧、汚染等の異常が発生し、緊急を要するときにおいても、搭乗員の安全に重大な影響が及ばないようにしなければならない。このため、以下のような対策を講じる必要がある。</p> | <p>6.緊急対策 火災・減圧・汚染等の緊急時においても、搭乗員の安全に重大な影響が及ばないようにするため、以下の対策が講じられている。</p> | <p>6. 緊急対策</p> | <p>6. 緊急対策</p> |
| <p>(1)緊急警報 緊急警報は、人命に脅威となるような異常を識別でき、安全に退避できるよう十分早く発信できること。 また、人命への脅威に関する緊急警報は、異常を発見した搭乗員が警報ボタン等により手動で警報を発出できること。</p> | <p>(1)緊急警報 JEM ではワークステーションラック及び RMSラックの 2 箇所に設置されている ISS 共通の警告・警報パネルによって、3 段階の緊急度に応じ、Emergency(Class1)、Warning(Class2)又は Caution(Class3)が発せられる。 Class 1 である火災・減圧・汚染に対しては、センサ検知による自動起動又は搭乗員若しくは地上要員による起動が可能であり、各ハザードに固有の警報音と点滅ライトで、警告・警報を発するシステムとなっている。</p> <p><関連ハザードレポート> NASDA-1JA/1J-0001 NASDA-2JA-0001 火災 NASDA-1JA/1J-00023 隔離/退避不能</p> | <p>(1)緊急警報 以下参照</p> | <p>(1)緊急警報 以下参照</p> |
| | <p>ア 火災 火災検知区域(RMSラック、実験ラック、空調装置入り口、補給部与圧区(船内保管室)(船内保管室)循環ファン出口等)毎に煙センサが配置され、火災発生が検知されると ISS の警告・警報システムに通知され、ISS 全体に警告・警報が発出される。 また、消火区画は、区域毎に可搬式消火器による二酸化炭素放出のためのポートが設けられ、区画に対応した電源遮断及び循環空気停止を可能としている(注)。 (注)JEM は、不燃性・難燃性材料の使用による燃焼抑止、適切な太さの電線の選定による過熱防止、ハーメチックシールタイプによる電氣的発火防止設計、適切な熱設計・故障検知分離システムの適用による過熱防止設計等により、火災発生リスクを最小化した設計となっている。</p> | <p>ア 火災 JEM の火災検知機能に整合がとれるように、温度勾配炉ラックが設計されていることを確認した。 (注)(a)不燃性・難燃性材料を使用していることを、材料識別及び使用リスト(MIUL)で確認した。 (b)適切なサイズの電線を使用していることを、下記で確認した。 (i)配線設計(ワイヤサイズ、バンドル数)解析 (ii)電力回路設計(過電流遮断特性)解析 (iii)電力遮断特性試験 (c)適切な熱設計・故障検知分離システムが適用されていることを、下記で確認した。 (i)システム、サブシステムの熱解析又は熱サイクル試験 (ii)FDIR 解析 (iii)機器及びヒータのワーストケース熱解析</p> | <p>ア 火災 JEM の火災検知機能に整合がとれるように、多目的実験ラックが設計されていることを確認した。 (注)(a)不燃性・難燃性材料を使用していることを、材料識別及び使用リスト(MIUL)で確認した。 (b)適切なサイズの電線を使用していることを、下記で確認した。 (i)配線設計(ワイヤサイズ、バンドル数)解析 (ii)電力回路設計(過電流遮断特性)解析 (iii)電力遮断特性試験 (c)適切な熱設計・故障検知分離システムが適用されていることを、下記で確認した。 (i)システム、サブシステムの熱解析又は熱サイクル試験 (ii)FDIR 解析 (iii)機器及びヒータのワーストケース熱解析</p> |
| | <p>イ 減圧 キャビン内の減圧は、ISS 本体により常時監視され、設定圧以下・設定減圧速度以上となると、ISS 内に警告・警報が発せられ、急速な減圧時には自動的に真空排気系の遮断弁が遮断される。</p> | <p>イ 減圧 温度勾配炉ラックに対しては該当機能がないため適用外とする。</p> | <p>イ 減圧 多目的実験ラックに対しては該当機能がないため適用外とする。</p> |
| | <p>ウ 汚染 JEM のキャビン内の空気は、ガスサンプリングラインにより ISS 本体の環境監視装置に定期的に送られて分析・監視され、汚染物質、二酸化炭素・酸素分圧の異常等が検知された場合には、ISS 内に警告・警報が発せられる。</p> | <p>ウ 汚染 温度勾配炉ラックに対しては該当機能がないため適用外とする。</p> | <p>ウ 汚染 多目的実験ラックに対しては該当機能がないため適用外とする。</p> |
| <p>(2)アクセス 非常設備、防護具、安全上重要な手順書等は、緊急時においても、搭乗員が容易に取り出して使用できるように保管すること。 また、通路は、搭乗員が安全かつ速やかに脱出・避難できること。</p> | <p>(2)アクセス <関連ハザードレポート> 全般</p> | <p>(2)アクセス</p> | <p>(2)アクセス</p> |
| | <p>ア 非常設備、防護具 非常設備として、可搬式消火器が与圧部(船内実験室)2 箇所及び補給部与圧区(船内保管室)(船内保管室)1 箇所に備えられ、また、防護具として可搬式呼吸器が可搬式消火器使用前に装着できるように消火器から 91cm 以内に設置され、これらの保管場所は容易に識別できる</p> | <p>ア 非常設備、防護具 温度勾配炉ラックに対しては該当機能がないため適用外とする。</p> | <p>ア 非常設備、防護具 多目的実験ラックに対しては該当機能がないため適用外とする。</p> |

付表-1 基本指針に対する全体設計結果 (15/15)

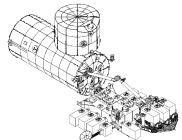
| JEM 基本指針(平成 8 年) | 【参考】国際宇宙ステーションの日本の実験棟(JEM)の安全設計について (報告) (平成 11 年 7 月 7 日) | 温度勾配炉ラック安全検証結果 | 多目的実験ラック安全検証結果 |
|---|---|---|--|
| | よう表示される。 | | |
| | イ 安全上重要な手順書 軌道上で必要となる安全上重要な手順書は、軌道上で搭乗員がアクセスできる電子ファイル媒体、文書として保管・掲示される。 | イ 安全上重要な手順書 軌道上で必要となる安全上重要な手順書は、軌道上で搭乗員がアクセスできる電子ファイル媒体、文書として保管・掲示されることになっており、特にタイムクリティカルな手順書については、決められた場所に置くことになっていることを確認した。 | イ 安全上重要な手順書 同左 |
| | ウ 通路 搭乗員の移動・作業を容易にするため、通路にハンドレール、フットレスト等が設置される。 また、電源喪失時に備えて、非常用電源による非常灯が設置されるほか、ラックの転倒・移動時でも直径 81cm 以上の通路が確保される構成となっている。 | ウ 通路 温度勾配炉ラックに対しては試料交換機構ドアの展開時にも避難経路を塞ぐようなことはないことを確認している。 | ウ 通路 多目的実験ラックは、キャビンに展開する構成品(ワークベンチ)を備えており、展開時に避難経路を塞ぐようなことはないことを確認している。 <関連ハザードレポート> STD-MSPR-15 退避経路への障害(8.2 項⑫) |
| (3)減圧及び再加圧 火災、汚染等の異常が発生した場合には、与圧部(船内実験室)及び補給部与圧区(船内保管室)(船内保管室)内の空気を排出するため、減圧及び再加圧ができること。 また、JEM の起動に際し、搭乗員の JEM への移乗前に安全の確認ができること。 | (3)減圧・再加圧 JEM に火災・汚染等の異常が発生した場合には、ハッチ等を閉鎖して、ISS 本体から隔離した後、キャビン空気を排気弁により宇宙空間に排出して減圧し、続いて、均圧弁を開くことにより、ISS 本体のキャビン空気を取り込んで、再加圧できるよう設計されている。 また、JEM の起動・再起動に際しては、搭乗員が JEM 内に移乗する前に、ISS 本体側から電力供給系・水ループ・JCP・システムネットワーク・空気調和装置・モジュール間通風換気(IMV)・火災検知系・ガスサンプリングライン・警告・警報パネル等与圧環境の安全の確保に必要な最小限の機能を立ち上げることのできるシステム構成となっている。 <関連ハザードレポート> NASDA-1JA/1J-0005 減圧 | (3)減圧・再加圧 温度勾配炉ラックに対しては該当機能がないため適用外とする。(減圧時の手順は ISS 共通手順による) | (3)減圧・再加圧 多目的実験ラックに対しては該当機能がないため適用外とする。(減圧時の手順は ISS 共通手順による) |
| 9.安全確保体制 JEM の安全確保に関わる活動については、開発及び運用の担当部門から独立した部門においても行うこと。 また、安全上のあらゆる問題点について、開発及び運用の責任者まで報告される体制を確立すること。 さらに、JEM の開発及び運用に携わる者への安全教育・訓練を実施するとともに、安全確保に係る事項の周知徹底を図ること。 | 7.安全確保体制 安全・開発保証活動のための体制については、JEM の開発・利用・運用の担当である JEM プロジェクトチーム等から独立した安全・開発保証部門である「宇宙ステーション安全・信頼性管理室」において、方針・要求事項の設定、その履行状況の評価、必要な勧告が行われている。 また、安全上の問題については、開発・運用の責任者まで報告・検討される体制が確立されている。 さらに、JAXA において、JEM の開発・運用に携わる者への安全教育・訓練が実施されるとともに、安全確保に係る事項の周知徹底が図られている。 | 7.安全確保体制 安全・開発保証活動のための体制については、実験装置開発である宇宙環境利用センターから独立した安全・開発保証部門である「有人システム安全ミッション保証室」において、方針・要求事項の設定、その履行状況の評価、必要な勧告が行われている。 また、安全上の問題については、開発・運用の責任者まで報告・検討される体制が確立されている。 さらに、JAXA において、装置の開発・運用に携わる者への安全教育・訓練が実施されるとともに、安全確保に係る事項の周知徹底が図られている。 | 7.安全確保体制 同左 |



付表-2: 温度勾配炉ラックに搭載される実験試料カートリッジが検証する安全制御

- 温度勾配炉ラックに搭載される実験カートリッジに課される安全制御項目はインタフェース管理仕様書にすべて定義され、管理される。
- 上記の安全制御に対する検証結果は、可燃性材用の使用、鋭利な端部等の個々のカートリッジに起因する安全制御項目に対する検証結果と合わせて、実験カートリッジ個別の安全審査にて審査される。

| ハザード/ ハザード関連項目 | ハザード内容 | 実験カートリッジ側の制御内容 |
|-----------------------------|---|---|
| 圧力系の破裂 (8.2項③) | 不適切な材料の使用による配管等の応力腐食割れ等による配管の損傷 | 温度勾配炉ラックの使用配管材料と実験カートリッジからのガスとの材料適合性評価を行うこと。 |
| 高温部への接触 (8.2項⑨) | 搭乗員が実験後に誤って試料交換機構のフロントドアを開けてしまい、カートリッジに接触する | 実験後にカートリッジを温度勾配炉から取り出すため、クルーが把持可能な温度になるまでの冷却時間を設置する。 |
| 実験試料ガスの漏洩による空気汚染 (8.3項②) | カートリッジからの破片・蒸気の漏洩 | 実験環境における最高温度に耐えるようにカートリッジを設計する |
| | | カートリッジの過加熱時にカートリッジ破裂防止のため電力が遮断される。電力遮断値は温度勾配炉ラック側で設定されるため、個々のカートリッジ側で遮断電力値を算出し設定する。 |
| | 不適切なカートリッジ・温度勾配炉間のシールの選定 | カートリッジ・温度勾配炉間のシールについて、インターフェース管理書で規定されるシール数をもつ設計とする。 |
| | 誤った設置や取り出しによるカートリッジの破損からの毒性蒸気や破片の流出 | 内部の試料の毒性レベルに応じて、適切な数の封入手段をもつ設計とする。 |

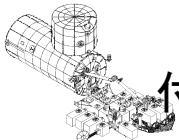


付表-3: 多目的実験ラックに搭載されるユーザー機器が検証する安全制御

- 多目的実験ラックも同様に、燃焼実験チャンバーに搭載されるユーザー機器に課される安全制御項目はインタフェース管理仕様書にすべて定義され、可燃性材用の使用、鋭利な端部等の個々のカートリッジに起因する安全制御項目に対する検証結果と合わせて、ユーザー機器個別の安全審査にて審査される。

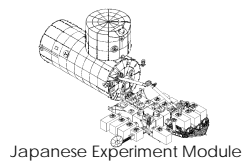
| ハザード/ ハザード関連項目 | ハザード内容 | ユーザー機器側の制御内容 |
|---|--|---|
| 圧力系の破裂 (8.2項③) 燃焼実験チャンバー/ ガス配管の破裂 (8.4項③) | 許容量以上の実験ガスの持込みによる構造の破壊 | ガスボトルBで持ち込めるガスの最大量は、燃焼実験チャンバーの空き容積を超えない量にすること。 |
| | 燃焼実験チャンバーのシール材や排気ラインの管材と燃焼ガスの材料不適合による腐食による破裂 | 排気ガスの特性で規定される材料適合性、および燃焼実験チャンバーや排気ラインのシールや材料における使用材料への適合性を有すること。 |
| | 排熱機構喪失による過加熱による破裂 | ユーザー機器は、燃焼実験チャンバ内のアナログインタフェースを用いて、オーバーヒート検知用サーモスタットを実験装置内に設置する。 |
| 高温部への接触 (8.2項⑨) | 電子機器や燃焼実験チャンバーの過加熱 | ユーザー機器は、燃焼実験チャンバ内のアナログインタフェースを用いて、オーバーヒート検知用サーモスタットを実験装置内に設置する。(オーバーヒートのリミット値を49℃を越えないよう設定し、これを検知した場合、実験装置への電力供給は遮断される) |
| 燃焼ガス漏洩による空気汚染 (8.4項②) | 結合部、QD、オーリングからの漏洩 | ユーザーは、実験等で発生する毒性ガスを除去できるフィルターを設置すること。 |
| 火災(可燃性材料の使用) (8.2項⑤) 燃焼実験チャンバー内の火災 (8.4項④) | 可燃性材料の使用 | 使用する燃料に高濃度酸素がある場合は、それらに適合する材料を選定すること。もし、高濃度酸素への評価がない場合は、可燃性試験を行うこと。 |
| | | ユーザー機器は、汚染塵埃防止のためガスA及びガスB供給ラインの入口部に25 μ m \cdot abs、また、窒素ガス供給ラインの入口部には100 μ m \cdot absより良好なフィルタを設けること |
| | 燃焼実験チャンバーやユーザー機器の過加熱や発火(静電気やショート等)による火災 | ユーザー機器は、燃焼実験チャンバ内のアナログインタフェースを用いて、オーバーヒート検知用サーモスタットを実験装置内に設置する。 |
| | | 火災の伝播を防ぐため、燃焼実験チャンバー内の酸素濃度を窒素置換により可燃限界濃度まで酸素濃度を下げため、その濃度を検証すること。(窒素置換によって希釈される酸素濃度の雰囲気ガスに対し、試験を実施し、着火または自着火が生じないことを検証すること。) |
| 燃焼実験チャンバー内のガスラインやユーザー機器からの燃料漏れ | ユーザーが持ち込むガスボトルは、2重シールを備えること。また、ガスラインは1重シールを持つこと。さらにユーザー機器は、必要であれば1重の封入手段を持つこと。 | |





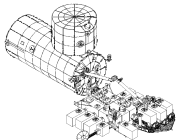
付表-3: 多目的実験ラックに搭載されるユーザー機器が検証する安全制御(つづき)

| ハザード/ ハザード関連項目 | ハザード内容 | ユーザー機器側の制御内容 |
|------------------------------|-----------------------------|---|
| 燃焼実験チャンバー 内の火災 (8.4項④) | 燃焼実験チャンバー内での高 濃度酸素の漏洩 | ユーザー機器は、燃焼室及び供給／排気系統について、燃焼実験チャンバ内に対して1重の封じこめ設計を行うこと |
| | | ユーザー機器は燃焼実験チャンバー 底面を介し、WVコールドプレートから排熱可能な最大排熱量は、430W 以下にすること。 |
| | | ガスボンベB に充填した全てのガスが燃焼実験チャンバ内に放出した場合、チャンバ内の酸素濃度が30%を超えない濃度とする。 |
| | | 酸素濃度30%、窒素濃度70%の混合気体の環境下で燃料は自着火しないこと。 |
| | ユーザー機器から燃焼実験 チャンバへの火災の漏洩 | ユーザー機器は、燃焼室及び供給／排気系統について、燃焼実験チャンバ内に対して1重の封じこめ設計を行うこと |
| | | 火災の伝播を防ぐため、燃焼実験チャンバー内の酸素濃度を窒素置換により可燃限界濃度まで酸素濃度を下げること。 |
| 高濃度酸素の漏洩に よる火災 (8.4項⑤) | 実験中のガスボトルAやガス供給ラインからの漏洩 | ガスボトルAで持ち込めるガスの最大濃度は、ラック全体にガスがリークしたとき、混合後の酸素濃度が30%を越えない濃度とする。 |
| | 実験前後の保管中のガスボトルAからの酸素の漏洩 | ガスボンベA 保管時には、ボンベのバルブを閉しQD にシール性を有するキャップ等で3重封入すること |
| | ガスボトルBから燃焼実験チャンバーへの漏洩 | ガスボトルBの持ち込める酸素ガスの最大量・濃度は、ガスボンベB に充填した全てのガスが燃焼実験チャンバ内に放出した場合、チャンバ内の酸素濃度が30%を超えない濃度とする。持ち込み体積は、ガスボンベB内の燃料が全量リークしたときに燃焼実験チャンバのMDP 0.2MPa abs を超えない体積とする。 |



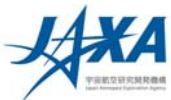
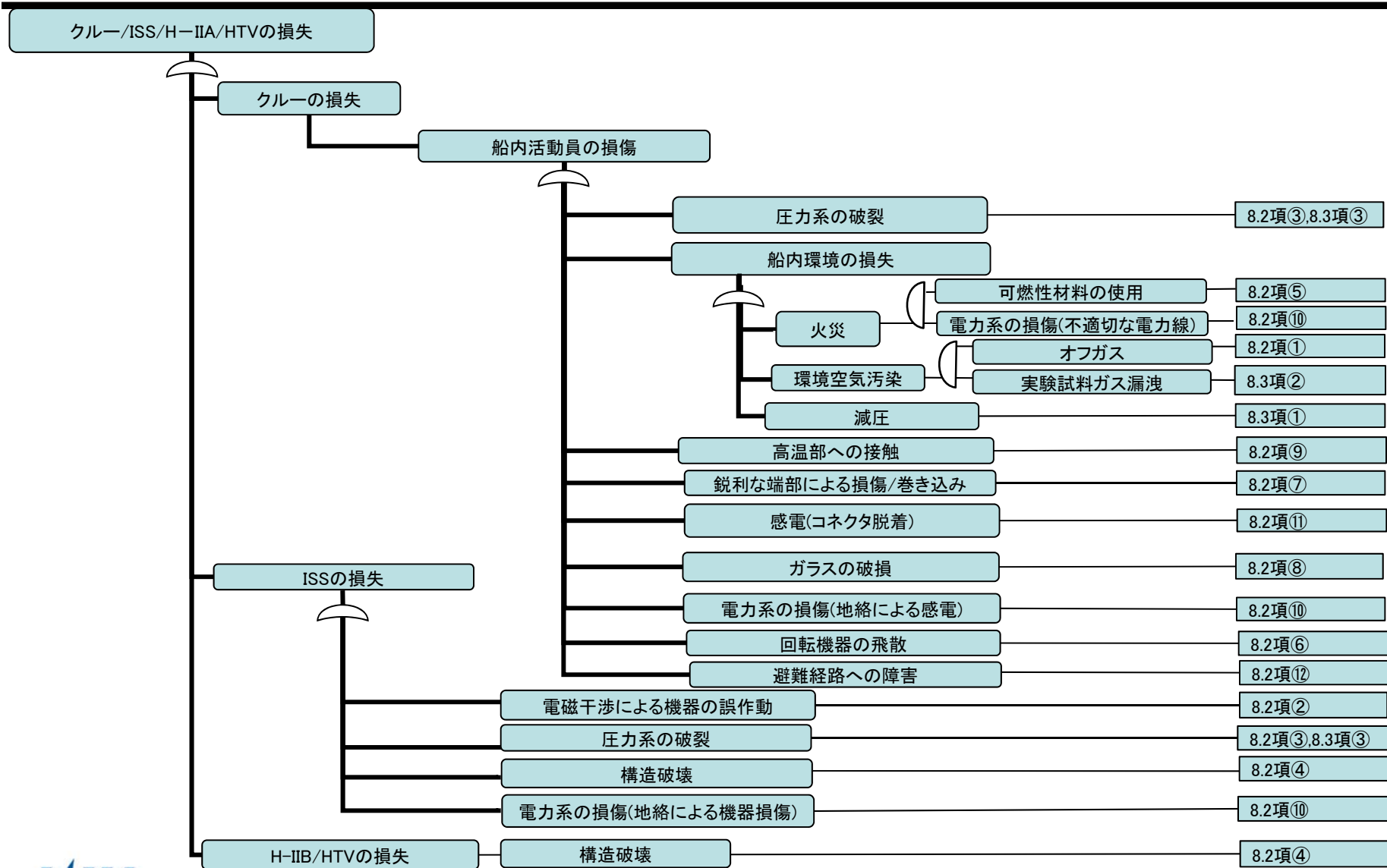
付図-1

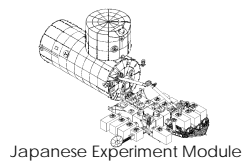
温度勾配炉ラック ハザードFTA



Japanese Experiment Module

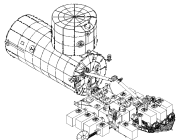
付図-1 温度勾配炉ラックハザード FTA





付図-2

多目的実験ラック ハザードFTA



Japanese Experiment Module

付図-2 多目的実験ラックハザード FTA

